BERICHTE

DER

DEUTSCHEN

BOTANISCHEN GESELLSCHAFT.

AGRICULTURAL COLLEGE AND RESEARCH INSTITUTE
No.
10 JUL 1928
COIMBATORE

GEGRÜNDET AM 17. SEPTEMBER 1882.

2488
9- JUN 1938

ZWEIUNDVIERZIGSTER JAHRGANG.

BAND XLII.

MIT 1 BILDNISTAFEL, 2 BILDNISSEN IM TEXT, 2 TAFELN UND
81 TEXTABBILDUNGEN IN 202 EINZELFIGUREN.

BERLIN,
GEBRÜDER BORNTRAEGER,
W 35 Schöneberger Ufer 12a.
1924.

Sitzung vom 25. Januar 1924.

Vorsitzender: Herr A. ZIMMERMANN.

Als neue Mitglieder werden vorgeschlagen die Herren:

Alexandrov, Dr. **Wassili**, Professor am Polytechnischen Institut in **Tiflis**, Transkaukasien, Botanischer Garten (durch N. A. MAXIMOW und N. N. IVANOV),

Bleier, Hubert, cand. phil. in **Kiel**, Botanisches Institut (durch G. TISCHLER und G. SCHELLENBERG),

Christiansen, Willi, Mittelschullehrer in **Kiel-Gaarden**, Brommystr. 36 (durch G. TISCHLER und G. SCHELLENBERG),

Clausen, Peter, Mittelschullehrer in **Kiel**, Botanisches Institut (durch G. TISCHLER und G. SCHELLENBERG),

Dahm, Dr. **Paul**, Assistent am Botan. Institut der Universität **Bonn**; Wohnung: Brühl, Bez. Cöln, Friedrichstr. 24 (durch H. FITTING und S. V. SIMON),

Fahrendorff, Ernst, Rektor in **Berlin N 31**, Graunstr. 11 (durch F. MARKGRAF und MARTIN NOACK),

Havelik, Dr. **Karl** in **Brünn**, Dvořákgasse 14 (durch R. FALCK und H. BURGEFF),

Keller, Dr. **Boris**, Professor am Landwirtschaftlichen Institut in **Voronesh** (durch N. A. MAXIMOW und N. N. IVANOV),

Lindenbein, Werner, cand. phil. in **Kiel**, Botanisches Institut (durch G. TISCHLER und G. SCHELLENBERG),

Sachsse, Hans, Oberförster, Assistent an der botanischen Abteilung der Forstlichen Hochschule in **Tharandt** (durch E. MÜNCH und B. LÖFFLER),

Schönebeck, Bruno, Lehrer in **Berlin-Neukölln**, Roseggerstr. 17 (durch R. PILGER und P. N. SCHÜRHOFF),

Uphof, Dr. **I. C. Th.**, Vorstand der biologischen Abteilung und Professor der Botanik an Rollins College, Winter Park in **Orlando**, Florida (durch H. SCHENCK und G. KARSTEN).

Zu ordentlichen Mitgliedern werden ernannt die Herren:

Arends, Dr. **Johannes**, Apotheker in **Chemnitz**,

Moutesautos, Dr. **Nic.**, Professor in **Athen**,

Schoenichen, Dr., Professor in **Berlin**.

Sitzung vom 29. Februar 1924.

Vorsitzender: Herr A. ZIMMERMANN.

Der Vorsitzende macht Mitteilung von dem Hinscheiden zweier ordentlichen Mitglieder unserer Gesellschaft, der Herren Dr. h. c.

Ferdinand Wirtgen

in **Bonn**, der am 26. Januar 1924 im 76. Lebensjahre gestorben ist, und Dr.

O. Nordstedt,

Professors in **Lund**, der am 6. Februar 1924 gestorben ist; außerdem hat die Gesellschaft den Tod eines ihrer korrespondierenden Mitglieder zu beklagen, des Herrn Dr.

J. N. F. Wille,

Professors an der Universität und Direktors des botanischen Gartens in **Kristiania**, der am 4. Februar 1924 verstorben ist.

Die Anwesenden erheben sich zu Ehren der Verstorbenen von ihren Plätzen.

Der Vorsitzende teilt mit, daß er im Namen der Gesellschaft an unser Mitglied, Herrn Geheimrat O. DRUDE in Dresden, zu seinem 50jährigen Doktorjubiläum ein Glückwunschschreiben gerichtet hat.

Als neue Mitglieder werden vorgeschlagen die Herren:

Baumgärtel, Dr. **Traugott**, Privatdozent in **München**, Technische Hochschule (durch K. GIESENHAGEN und G. DUNZINGER),

Funek, Emil, cand. rer. nat. in **Prag II**, vinicna 3a (durch A. PASCHER und K. RUDOLPH),

Magdeburg, Dr. **Paul** in **Leipzig-Gohlis**, Eisenacher Straße 40 (durch F. OLTMANNS und P. STARK),

Skvortzov, Dr. **B. W.** in **Charbin**, Poschtovskaja 67, Manjurien (durch A. PASCHER und R. KOLKWITZ),

Stapp, Dr. **Carl**, Vorsteher des Laboratoriums für Bakteriologie an der Biol. Reichsanstalt für Land- und Forstw. in Berlin-Dahlem; Wohnung: **Berlin-Steglitz**, Mariendorfer Straße 17, II (durch K. SNELL und A. ZIMMERMANN).

Zu ordentlichen Mitgliedern werden ernannt die Herren:

Bergdolt, Ernst Friedrich, cand. rer. nat. in **München,**

Sapěhin, Dr. **A. A.**, Professor in **Odessa,**

Unger, Dr. **Wilhelm**, Apothekenbesitzer in **Würzburg,**

Wiesemann, Christian, Garteninspektor in **Bonn.**

Mitteilungen.

I. W. Ruhland und K. Wetzel: Der Nachweis von Chloroplasten in den generativen Zellen von Pollenschläuchen.

(Mit 9 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 20. November 1923. Vorgetragen in der Januarsitzung 1924.)

Der alte Streit über die Lokalisierung des Idioplasmas — ob nur im Zellkern oder ob in ihm und dem Cytoplasma — schien in der von CORRENS (1909) an *Mirabilis Jalapa* zuerst beschriebenen, seither an einer Anzahl anderer Pflanzen aufgefundenen merkwürdigen „Albomaculatio" ein experimentell entscheidbares Paradigma gefunden zu haben. BAUR (1919, p. 160 f.) glaubt gerade aus den an albomaculaten Rassen gewonnenen Vererbungstatsachen die zweite Alternative als „mindestens sehr wahrscheinlich" annehmen zu sollen.

Um die merkwürdigen Vererbungsverhältnisse[1]) dieser Pflanzen zu erklären, stellte zuerst BAUR für seine Periklinalchimären, den „status albotunicatus" bei *Pelargonium zonale*, die Theorie auf, daß mit dem Spermakern auch Plastiden in die Eizelle aus dem Pollenschlauch übertreten. Es wurden bald mehr Fälle von Buntblättrigkeit bekannt, die ebenfalls nicht nach der MENDELschen Spaltungsregel, im einzelnen aber etwas verschieden vererbt wurde. Im Verfolg älterer von CORRENS und BAUR ausgesprochener Vermutungen und Möglichkeiten hat dann WINGE (1919) eine Theorie aufgestellt, die alle diese verschiedenen Fälle zu erklären versuchte. Er gelangte hierbei zu der Vorstellung, daß bei manchen Pflanzen Cytoplasma durch die männlichen Sexualzellen bei der Befruchtung in die Eizelle gelangen müsse, bei anderen dagegen nicht. Im ersteren Falle seien die idioplasmatischen Unterschiede der zur Kreuzung verwandten Rassen bei einigen Arten in den Chromatophoren, bei anderen im übrigen Cytoplasma lokalisiert.

Was uns hier interessiert, ist also die Annahme, daß bei der Befruchtung Cytoplasma und Chromatophoren außer dem generativen Kern der männlichen Sexualzelle in die Eizelle überführt werden. Auch RENNER (1922) hat seine experimentellen Erfahrungen an ge-

1) Auf diese kann hier nicht eingegangen werden. Vgl. u. a. die zusammenfassende Darstellung von E. BAUR (1919, S. 212—222).

scheckten *Oenothera*kreuzungen neuerdings durch den Übertritt von Pollenschlauchplasma nebst Plastiden bei der Befruchtung erklärt.

An diesen Gedankengängen ist nicht nur hypothetisch, ob sie bei der Erklärung der Beobachtungen am richtigen Punkt anfassen, sondern auch die Voraussetzung dieser Erklärung, nämlich die Übertragung mehr oder minder erheblicher Cytoplasmamengen und Plastiden aus den generativen Zellen in die Eizelle. Bezüglich der erstberührten Frage, die uns hier nicht weiter interessiert, sei auf die scharfsinnige theoretische Diskussion der Frage bei CORRENS (1922) hingewiesen.

Unberührt von dem Für und Wider hinsichtlich der speziellen CORRENS-BAUR-WINGEschen Theorie zur Erklärung der Albomaculatio-Frage bleibt aber die soeben genannte Voraussetzung der Theorie ein Problem von hohem Interesse, das mit cytologischen Methoden schon seit langer Zeit studiert wurde. Bei höheren Pflanzen ist danach fast stets nur von einem Übertritt des generativen Kernes (so z. B. bei SAWYER [1917]) in die Eizelle die Rede. Die eben berührten Theorien zeigen aber bereits, daß dieser Anschauung keine unbedingte Geltung zuerkannt wird. Z. B. gibt WYLIE (1923) für *Vallisneria spiralis* sogar ausdrücklich an, daß der mit der Eizelle verschmelzende generative Kern Plasma mitführt, während der andere seine Plasmahülle vorher abstreift. Bei dem der Beobachtung leichter zugänglichen Verschmelzungsvorgang bei Algen ist der Übertritt von männlichem Cytoplasma nebst Chromatophoren oft festgestellt worden. Daß Gebilde letzterer Art, öfter als „Blepharoplasten" oder „Centrosomen" mißdeutet, sich auch in den Spermatozoiden der Archegoniaten finden, hat SAPĚHIN (1915) gezeigt; leider ist aber ihr Verhalten bei der Befruchtung bis heute nicht klargestellt.

Auch aus diesem Sachverhalt folgt immerhin wohl, daß die gleiche Frage auch für höhere Pflanzen erneut gestellt werden muß, und es erscheint am aussichtsvollsten, zunächst nochmals nach Chromatophoren in den männlichen Sexualzellen zu suchen. Daß sie in den Pollenzellen vorhanden sind, steht ja längst außer Zweifel und wird schon durch das weitverbreitete Auftreten von Stärke in ihnen bewiesen. So ist anzunehmen, daß sie auch in den Pollenschlauch geraten, wo ihr Nachweis ja bereits STRASBURGER geglückt ist. Es muß aber betont werden, daß mit einem derartigen Nachweis noch nichts im Sinne der obigen Ausführungen gewonnen wäre; von Bedeutung kann er nur sein, wenn er für die generativen Zellen geführt wird. Von diesem Standpunkt muß unseres Erachtens deshalb auch die kurze, gelegentliche

Notiz von LIDFORSS (1909) beurteilt werden, nach welcher es ihm gelang, das „Ergrünen von Pollenschläuchen"[1]) auf Kulturmedien zu beobachten. Es sei gleich hier bemerkt, daß wir derartiges, auch bei dem unten genannten von LIDFORSS benutzten Objekt, nie beobachtet haben, und daß uns Täuschungen durch gelblich oder gelblich-grünstichige ölartige Tröpfchen nicht ausgeschlossen scheinen; ein sicheres Urteil darüber wird nicht möglich sein, da Angaben über die Art des Chlorophyllnachweises fehlen und eine ausführlichere Darstellung der kurzen Notiz u. W. nicht gefolgt ist.

Da der Nachweis, besonders sehr kleiner, Chromatophoren mit cytologischen Mitteln nicht immer glückt und wegen der öfter mit ihnen verwechselbaren Chondriosomen neuerdings nicht gerade aussichtsvoller geworden ist, glaubten wir, an die Stelle des Nachforschens nach den Plastiden dasjenige nach dem Chlorophyllfarbstoff uns als Aufgabe stellen zu sollen. Dieser ist, auch bei sehr geringen Mengenverhältnissen, in objektiver, überzeugender Weise durch die Verwendung des Lumineszenz- (Fluoreszenz-) Mikroskops möglich. Er ist uns tatsächlich, und zwar, was uns besonders wichtig erscheint, ausschließlich in der bzw. den generativen Zellen geglückt, während, wie bereits angedeutet, im Schlauchplasma nie Chlorophyll gefunden wurde.

Die Anwendbarkeit des Lumineszenzmikroskops für die Plastidenforschung ist dadurch eingeschränkt, daß ihm nur Chloroplasten zugänglich sind, ein Nachteil, der aber durch die Sicherheit der Erkennung grüner Chromatophoren aufgewogen wird. Nur wird man, da gerade in den besonders wichtigen meristematischen und Sexualzellen hinreichende Chlorophyllbildung selten zu sein scheint, noch mehr als sonst vom Auffinden geeigneten Materials abhängig sein. So blieb auch uns nichts übrig, als Pollen möglichst vieler Pflanzen in Kultur und Untersuchung zu nehmen.

Die Pollenkörner wurden auf Rohrzuckeragar verschiedener Konzentration (LIDFORSS 1909, PFUNDT 1910) ausgesät und in diffusem Tageslicht in der feuchten Kammer bei Zimmertemperatur zur Keimung gebracht. Stärkere künstliche oder Sonnenbeleuchtung übte keinen erkennbaren Einfluß auf die Chlorophyllbildung in den Pollenschläuchen aus. Von den etwa 50 untersuchten Arten wurde nur bei dreien mit Sicherheit Chlorophyll gefunden: *Lupinus luteus*, *Narcissus incomparabilis* und *Crocus vernus*.

---

1) Nach einer persönlichen Mitteilung des Herrn Dr. ÅKERMAN, Svalöf, dem LIDFORSS seine Präparate zeigte, handelt es sich um Pollenschläuche von *Narcissus poeticus*.

Am stärksten trat das Chlorophyll bei *Lupinus luteus* hervor, aber auch da in keiner Weise bei gewöhnlicher Beleuchtung, sondern erst durch das mit Hilfe der ZEISSschen Lumineszenzeinrichtung im kurzwelligen Licht hervorgerufene und unverkennbare rote Selbstleuchten. Da schon die reifen Pollenkörner Chlorophyll enthalten, kann von einer durch die Versuchsbedingungen induzierten Chlorophyllbildung keine Rede sein. Reife Pollenkörner der gelben Lupine zeigen nämlich auf dem Quarzobjektträger in allen Pollenkörnern neben der hellblau fluoreszierenden Membran und dem grünlich leuchtenden Plasma einen leuchtend rot fluoreszierenden Körper, der mit panchromatischen Platten (von der Actiengesellschaft für Anilinfabrikation Berlin bezogen) im eigenen Licht photographiert werden konnte (Abb. 1). Er hat schlank-spindelförmige Gestalt mit einer dunklen, rundlichen bis ovalen Aussparung in der Mitte, wodurch die Spindel in manchen Fällen in zwei scheinbar getrennte mitra-ähnliche Partien zerlegt wird.

Ausgekeimte Pollenkörner (Abb. 2) lassen die fluoreszierende Spindel anfangs noch im Korn selbst erkennen; später wandert sie in den Schlauch und bewegt sich auf dessen Spitze zu. Mit dieser Vorwärtsbewegung büßt sie allmählich an Intensität der Fluoreszenz ein, obwohl im Pollenschlauch die dünne Intine die Beobachtung der Erscheinung viel weniger als die schwerer durchsichtige, einen gelben, alkohollöslichen Farbstoff enthaltende Exine hindert. In noch weiter vorgeschrittenen Stadien der Schläuche ist die leuchtende Spindel nur mehr vereinzelt anzutreffen, ihre Fluoreszenz ist vielmehr offensichtlich meist erloschen. In einigen wenigen älteren Schläuchen, und zwar in der Mitte oder am Ende derselben, waren dagegen nunmehr zwei räumlich getrennte, rot fluoreszierende, rundlich-ovale Körper anzutreffen (Abb. 3).

Größe, Zahl, Gestalt und Verhalten der rot fluoreszierenden Körper während der Schlauchbildung deuteten auf die generativen Zellen. Nachdem die Lage des fraglichen Körpers im Korn oder Schlauch mikroskopisch fixiert war, wurde mit Methylgrünessigsäure und mit Fuchsin nach Angaben von STRASBURGER gefärbt, worauf jener violett, der nicht fluoreszierende „dunkle“ Fleck in der Spindelmitte blaugrüne Färbung annahm. Da auch die Größenverhältnisse stimmten (Länge 16—22 μ, größte Breite etwa 3,3 μ), so konnte an der Identität des Trägers der roten Fluoreszenz mit der generativen Zelle kein Zweifel mehr sein. Bei stärkerer Vergrößerung (Comp. Okul. 4, Apochromat 2 mm, num. Apert. 1,4) erwies sich leicht, daß die rote Fluoreszenz im

Cytoplasma der generativen Zelle lokalisiert sei, und der dunkelbleibende Fleck den Zellkern darstelle. Ebensowenig wie dieser zeigte die vegetative Pollenzelle jemals irgendwelche rote Fluoreszenzerscheinungen, die somit streng auf die generative Zelle beschränkt ist.

Abb. 1.

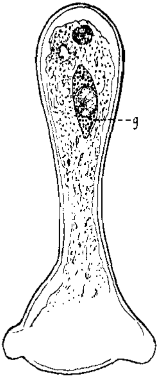


Abb. 2.

Abb. 3.

Abb. 1. *Lupinus luteus*, Pollenkorn im eigenen Fluoreszenzlicht photographiert. Generative Zelle als spindelförmiger quer gelagerter Körper sichtbar. Kernzone hell (phot. WETZEL).

Abb. 2. Auskeimendes Pollenkorn von *Lupinus luteus* nach Silberimprägnierung aus 1 prozentiger Silbernitratlösung.

Abb. 3 Fluoreszierende generative Zellen von *Lupinus luteus* mit Methylgrün-Essigsäure gefärbt. g generative Zellen.

Daß die Ursache der roten Fluoreszenz tatsächlich Chlorophyll ist, kann kaum zweifelhaft erscheinen. U. W. ist eine derartige Fluoreszenz von anderen Stoffen höherer Pflanzen bisher nicht bekanntgeworden. Das ABBEsche Spektralokular hätte die spektroskopische Untersuchung des roten Fluoreszenzlichtes selbst so winziger Mengen des Farbstoffs wohl ermöglicht; es stand uns indessen leider nicht zur Verfügung. Nicht ganz überflüssig erschien es uns immerhin, das Chlorophyll auch noch auf histologischem Wege zu identifizieren, zumal eine histologische Untersuchung der

den Farbstoff enthaltenden Chromatophoren, schon weil sie von früheren Autoren nie beobachtet werden konnten, unumgänglich nötig schien. Daß die Fluoreszenz eine über das ganze Cytoplasma der generativen Zelle diffus verteilte, keinen Schluß auf Zahl, Gestalt und Größe eventueller Chromatophoren zulassende war, wurde oben bereits kurz bemerkt.

Von den mikrochemischen Reaktionen ließ sich nur die von MOLISCH angegebene Silberreduktion lebender Chloroplasten zur Anwendung bringen. Legt man reife Pollenkörner der gelben Lupine in ca. 0,5—1 prozentige $AgNO_3$-Lösung, so kann man schon nach wenigen Stunden eine deutliche Silberreduktion in der generativen Zelle erkennen. Dieselbe ist so kräftig, daß sie leicht mikrophotographisch mit voller Deutlichkeit aufgenommen werden kann (Abb. 4). Dabei zeigt sich eine vollkommene Übereinstimmung hinsichtlich der Lokalisierung der roten Fluoreszenz und der Reduktionsfähigkeit; die Bilder photographischer Aufnahmen der fluoreszierenden (Abb. 1) und der mit Silbernitrat vorbehandelten generativen Zelle (Abb. 4) decken sich vollkommen. So war der Schluß berechtigt, daß die rote Fluoreszenz und die Silberreduktionsfähigkeit in dem Plasma der generativen Zelle ein und demselben Stoff eigen waren. Beide Eigenschaften deuten auf Chlorophyll; auch die Löslichkeit in Alkohol stimmt damit überein[1]).

Noch ist die Frage der Lokalisierung des Chlorophylls in dem generativen Zellplasma offen, da, wie gesagt, das Fluoreszenz-Mikroskop selbst bei stärkster noch anwendbarer Vergrößerung keinerlei Differenzierung im Plasma der generativen Zelle zeigt. Nach den bisherigen Erfahrungen mußten daher, wenn überhaupt, äußerst kleine Träger des Farbstoffs vermutet werden, so daß erklärlich wäre, daß sie selbst so erfahrenen Mikroskopikern wie STRASBURGER (1892) entgehen konnten, der ausdrücklich bemerkt, daß in der generativen Zelle niemals Chromatophoren gefunden worden seien.

Nach Behandlung der lebenden Pollenkörner mit 1 prozentiger Silbernitratlösung erkennt man nun im Plasma der generativen Zelle (besonders am Rande und bei hoher Einstellung über dem generativen Kern) wohl umrissene rundliche Körner von nur etwa 0,2—0,3 μ Durchmesser, die durch ihre tiefschwarze Färbung sofort

1) Durch längeres Kochen in Alkohol läßt sich der rot fluoreszierende Farbstoff ausziehen, wie sich unter dem Lumineszenz-Mikroskop feststellen läßt.

ins Auge fallen (Abb. 5 u. 6). Zwischen diesen Körnern, die besonders in der Mitte der generativen Zelle so dicht liegen, daß diese hier völlig schwarz erscheint, sieht man an den Rändern und über dem Kern doch das nur ganz schwach gefärbte Zellplasma hell hervortreten. Bei dem oben nachgewiesenen örtlichen Zusammenfallen der roten Fluoreszenz und der Reduktionsfähigkeit muß man diese stark reduzierenden Körnchen als die Träger des Chlorophylls, somit als Chloroplasten von einer so winzigen Größenordnung ansprechen, wie man

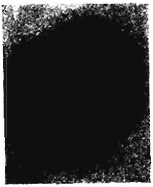


Abb. 4.

Abb. 5.

Abb. 4. *Lupinus luteus.* Längere Silberimprägnierung (phot. WETZEL).

Abb. 5. *Lupinus luteus.* Kurze Silberimprägnierung. Einzelne Chloroplasten in rechter Hälfte sichtbar (phot. WETZEL).

sie u. W. bisher nicht gekannt hat. In der vegetativen Pollenzelle färben sich bei der Behandlung mit Silbernitrat zwar auch kleine Körnchen mit, aber so schwach, daß sie auf dem mikrophotographischen Bild (Abb. 5) schon völlig verschwinden und zu keinerlei Verwechslungen mit den Chloroplasten der generativen Zelle Anlaß geben können.

Um über die Natur der stark reduzierenden Körnchen in der generativen Zelle weitere Sicherheit zu erhalten, wurden Pollenkörner der gelben Lupine mit dem Mikrotom geschnitten und spezifischen Plastidenfärbungen unterworfen.

Abb. 7 zeigt einen, nach der von S. ALVARADO empfohlenen ersten Variante der Silberimprägnierungsmethode von ACHÚCARRO und RIO HORTEGA behandelten, günstig gefärbten Schnitt: Nukleolus

des vegetativen Kerns und der Kern der generativen Zelle waren schön rotviolett gefärbt, der vegetative Kern nahezu farblos. In der generativen Zelle färbten sich die Chloroplasten in derselben Weise wie nach der Silbernitratbehandlung. Indessen färbten sich nach dieser Methode (im Gegensatz zu der MOLISCHschen Silberreduktionsmethode) auch in der vegetativen Zelle Körnchen derselben Größenordnung wie die Chloroplasten der generativen Zelle tiefschwarz[1]). Die generative Zelle trat eigentlich nur infolge viel

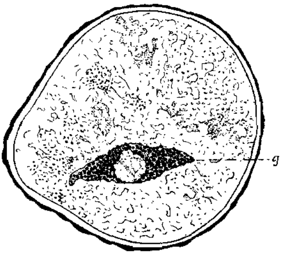


Abb. 6.

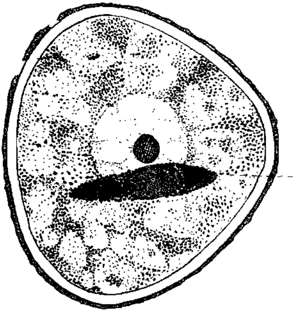


Abb. 7.

Abb. 6. Pollenkorn von *Lupinus luteus*. Silberimprägnierung aus 1prozentiger Silbernitratlösung. g generative Zelle.

Abb. 7. Pollenkorn von *Lupinus luteus*. g generative Zelle. Silberimprägnierung nach ACHÚCARRO. Vergr. 1 : 3300.

dichterer Lagerung der färbbaren Körnchen deutlich hervor. Es wurden also zweierlei Zellelemente gleichartig gefärbt, deren substanzielle Verschiedenheit sowohl durch die Fluoreszenz wie durch ihr Verhalten gegenüber 1prozentiger $AgNO_3$-Lösung erwiesen war. Wie dem auch sei — die fraglichen Körnchen der generativen Zelle hatten sich wie Plastiden gefärbt.

Nach diesen Erfahrungen lag es nahe, noch weitere *Lupinus*-Arten zu untersuchen, was mit negativem Erfolg geschah. Weder *L. perennis*, noch *L. mutabilis*, noch *L. albus* zeigten die rote Fluoreszenz der generativen Zelle. Dem Chlorophyllmangel ent-

1) Leukoplasten oder „Mitochondrien"?

sprechend müssen diese daher auch schwächere Reduktionsfähigkeit besitzen: Tatsächlich waren bei Behandlung mit 1 % $AgNO_3$ denn auch erst nach etwa 3 Tagen schwarz gefärbte runde Körnchen in den generativen Zellen zu erkennen, die übrigens weit weniger zahlreich waren und demgemäß lockerer lagen als bei *L. luteus* (Abb. 8). Es handelt sich hier offenbar um Leukoplasten, wofür auch ihre nach der erwähnten Methode von ALVARADO erzielte Färbung sprach, die weniger intensiv als bei Chloroplasten ist. In Anlehnung an eine von STRASBURGER empfohlene Leukoplastenfärbung wurden Pollenkörner von *L. perennis* mehrere Stunden mit Pikrinsäure fixiert, nach längerem Waschen mit destill. Wasser vor Licht geschützt in 1 prozentige Goldchloridlösung verbracht, worin sie 3 Stunden verblieben, darauf in 5 prozentige Ameisensäure übertragen und 3 Stunden dem Licht ausgesetzt. Darauf gelangten die Objekte in Glyzerin. Auf dem mikroskopischen Bild trat die generative Zelle deutlich durch dunklere Färbung hervor; in ihrem Plasma fielen wieder die dunkler gefärbten winzigen Körnchen auf; allerdings blieben die Tingierungsunterschiede hinter denen bei Anwendung der Methode von ALVARADO zurück. Ähnliche Resultate ergab auch die Färbung mit ALTMANNscher Säurefuchsinlösung nach vorheriger Fixierung nach REGAUD. In der generativen Zelle färbten sich die Körnchen tiefrot; allerdings färbten sich auch im Plasma der vegetativen Zelle wiederum ähnliche Gebilde in derselben Weise. Endlich ergab die von MEVES empfohlene Färbung mit Eisenhaematoxylin nach REGAUDscher Fixierung ganz den obigen entsprechende Bilder. Nach diesem Befunde und den bisherigen färbetechnischen Erfahrungen wird man wohl die in der generativen Zelle von *Lupinus perennis* dunkel tingierten Körnchen als Leukoplasten ansprechen dürfen. Das gleiche gilt für *L. mutabilis*.

Es wurde oben gezeigt, daß in den gekeimten Pollenkörnern die Fluoreszenz und demgemäß der Chlorophyllgehalt mit zunehmender Länge der Pollenschläuche bei *Lupinus luteus* zurückgeht, um schließlich auf dem Stadium der Zweiteilung der generativen Zelle meist ganz zu verschwinden. Bei *Narcissus incomparabilis* war schon zu Beginn der Schlauchbildung nichts mehr von einer Fluoreszenz der generativen Zelle zu bemerken, während sie bei *Crocus vernus* bei der Teilung der generativen Zelle eben noch zu erkennen war.

Dieses Verhalten erinnert an das mit der Reife erfolgende Farbloswerden der Spermatozoiden bei einer Reihe von Algen. OLTMANNS (1922) berichtet darüber: „Wo in den Spermatozoiden

(*Bryopsis* usw.) kleine Chromatophoren gegeben sind, pflegen diese kurz nach der Kopulation noch sichtbar zu sein. Später entschwinden sie der Beobachtung, und es bleibt ungewiß, ob sie sich zu normal gefärbten Chlorophyllkörpern ausgestalten, oder ob sie zugrunde gehen." Für *Funaria hygrometrica* und andere Laubmoose erwähnt SAPĚHIN (1915), daß die Chloroplasten des spermatogenen Gewebes in den späteren Stadien des „monoplastischen" Zustandes immer kleiner und farbloser werden, und bei Farnen hat EMBERGER (1920) beobachtet, daß während der Bildung der Sexualzellen die Chloroplasten an Größe abnehmen, ihre grüne Farbe verlieren und sich in Chondriosomen umwandeln.

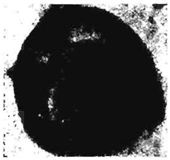


Abb. 8.

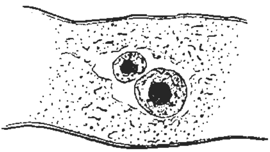


Abb. 9.

Abb. 8. *Lupinus perennis*. Längere Silberimprägnierung. Generative Zelle stark sichelförmig gekrümmt. Kernzone ohne Leukoplasten (phot. WETZEL).

Abb. 9. *Lupinus perennis*: generative Zellen.

Bemerkenswert ist nun ferner in diesem Zusammenhange, daß auch in den generativen Zellen von *L. luteus*, offenbar parallel mit dem Chlorophyllschwunde eine Formveränderung der an sich schon so überaus winzigen Chromatophoren erfolgt (Abb. 9). In den generativen Zellen älterer Pollenschläuche hat die Zahl der dunkel färbbaren Körnchen der erwähnten Größenordnung gegenüber dem ungekeimten Stadium bereits abgenommen. Dafür finden sich neben jenen nunmehr ebenso färbbare, aber fadenartige, gerade oder gekrümmte Gebilde, welche mit Chondriosomen auffallende Ähnlichkeit besitzen und im Anfangsstadium durchaus fehlen. Daß sie mit den Leukoplasten der generativen Zelle genetisch zusammenhängen, könnte vermutet werden, bedarf aber eingehenderer Untersuchung. Befremdlich ist nur das Auftreten ebenso gestalteter und färbbarer Gebilde in der vegetativen Zelle, von denen dahinsteht, ob sie mit jenen mehr als äußere Formähnlichkeit besitzen.

Sehen wir vom besonderen Fall des Chloroplastengehalts der generativen Pollenzelle ab, welcher uns aus den eingangs angedeuteten Gründen zunächst und in erster Linie interessierte, so dürften unsere Befunde doch auch insofern prinzipiell bemerkenswert sein, als es gelang, mit Sicherheit Chloroplasten nachzuweisen, die fast an der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit liegen. Nach diesen Erfahrungen versteht man, daß sich uns — gegen unsere Erwartung und Absicht — auch noch eine gewisse Stellungnahme zur Chondriosomenfrage aufdrängte. Selbst wenn wir von dem erwähnten Auftreten stäbchenförmiger wie die Plastiden färbbarer Gebilde in älteren generativen Zellen absehen, bleibt immerhin noch eine auffallende Ähnlichkeit der gefundenen Chloroplasten mit Mitochondrien, sowohl was Größe und Gestalt, als auch Färbbarkeit anbelangt. Nur die den Chloroplasten eigene kräftigere Reduktion von Silber aus Silbernitratlösung gestattet, beide Gebilde sicher zu unterscheiden. Ob sie sich noch durch weitere chemische Reaktionsunterschiede auseinanderhalten lassen, wurde nicht untersucht.

Die oben erwähnten Färbungen, die häufig als Mittel zur Unterscheidung von Mitochondrien und Plastiden verwendet wurden, genügen sicherlich nicht, uns über die Natur der kleinen Körnchen Aufschluß zu geben. Das geben sowohl MEVES (1916) wie auch FRIEDRICHS (1922) zu, und wenn von verschiedenen Forschern (FRIEDRICHS, ALVARADO usw.) die Entstehung von Plastiden aus Chondriosomen beschrieben wurde, so lag in keinem Fall völlige Sicherheit über das Ausgangsmaterial der entsprechenden Plastiden vor, denn nach unseren oben mitgeteilten Erfahrungen gibt es Chromatophoren, die morphologisch von Mitochondrien nicht zu unterscheiden sind. Wenn NOACK (1921) das als möglich erachtet, so mag dieses für die von ihm untersuchten Objekte richtig sein, aber das morphologische Kriterium versagt gerade da, wo es für die Plastiden- und Chondriosomenfrage von besonderer Wichtigkeit wäre, in den generativen Zellen. Das von FRIEDRICHS (1922) beobachtete Entstehen stäbchenförmiger Gebilde, die sich später als Plastiden ausweisen, aus mitochondrienartigen Körnchen, legt die Vermutung nahe, daß auch in den jungen Blättchen von *Helodea canadensis* Plastiden von derselben geringen Größenordnung auftreten, wie wir sie gefunden haben.

Die als Chondriom zusammengefaßten Formelemente der Zelle sind nach unserer Ansicht heterogener Natur und aller Wahrscheinlichkeit nach sind die sogenannten „aktiven“ Chondriosomen nichts anderes als auf die Größenordnung von Mitochondrien herab-

gesunkene Plastiden. Das Auswachsen derselben zu stab- und hantelförmigen Gebilden müßte in den rasch wachsenden Zellen dann als normaler Teilungsvorgang dieser Plastiden aufgefaßt werden.

Von besonderem Interesse wäre weiter die entwicklungsgeschichtliche Klarlegung des Entstehens und weiteren Verhaltens der Chloroplasten gewesen. Da, wie erwähnt, nach der Teilung der generativen Zelle die Fluoreszenz verschwindet und die Form der Chromatophoren aus der leichter kenntlichen rundlichen bald in eine unregelmäßig-stäbchenförmige überzugehen scheint, falls das Verschwinden jener so gedeutet werden darf, bietet vermutlich auch die wichtige Frage der evtl. Übertragung derselben bei der Befruchtung besondere Schwierigkeiten. Da ferner die rote Fluoreszenz der generativen Zelle erst kurz vor dem Aufreißen der Antheren beginnt, ist man auch bei der Rückwärtsverfolgung der Frage auf die gewöhnlichen Methoden der Histologie angewiesen.

Der eine von uns (WETZEL) behält sich weitere Untersuchungen dieser Fragen, sowie solcher über ein evtl. Vorkommen von Chloroplasten in den männlichen Sexualzellen anderer Pflanzen sowie in Eizellen und Embryonen für eine spätere Arbeit vor.

Leipzig, Botan. Institut, Nov. 1923.

Literaturverzeichnis.

1. ALVARADO, S. (1923), Berichte der Deutschen Bot. Ges. Bd. 41, Heft 2.
2. BAUR, E. (1919), Einführung in die experimentelle Vererbungslehre. 3. u. 4 Auflage, Berlin.
3. CORRENS, C. (1909), Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre I, 330.
   Derselbe (1922), Sitzungsberichte der preuß. Akad. d. Wiss. 33, 460.
4. EMBERGER (1920), C. R. Ac. Sc.
5. FRIEDRICHS, G (1922). Jahrb. für wiss. Bot. Bd. 61
6. LIDFORSS, B. (1909), Zeitschrift für Botanik, Bd. I
7. MEVES, F. (1916). Berichte der Deutsch. Bot. Ges., Bd. 34.
8. NOACK, K. L. (1921), Zeitschrift für Botanik, Bd. XIII.
9. PFUNDT, M. (1910), Jahrb. für wiss. Bot., Bd. 47.
10. RENNER, O. (1922), Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre.
11. SAPĚHIN (1915), Archiv für Zellforschung, Bd. XIII.
12. SAWYER, M. L. (1917), Botan. Gazette, Bd. 64.
13. STRASBURGER (1892), Histologische Beiträge IV.
14. WINGE, Ö. (1917), Compt. rend. d. Acad. du Labor. de Carlsberg 13, 131.
15. WYLIE, R. B. (1923), Bot. Gazette, Bd. 75.

2. M. Möbius: Über das Grauwerden des Holzes.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 28. Oktober 1923. Vorgetragen in der Dezembersitzung.)

Nicht selten findet man Pfähle, Planken, Schindeln, Scheunen und Hütten aus Holz, das eine graue, manchmal sogar sehr schöne, silbergraue Färbung angenommen hat. Solches Holz ist nicht angestrichen und jahrelang der Witterung ausgesetzt gewesen. Meistens handelt es sich um Nadelholz, gewöhnlich von *Picea excelsa*, seltener von *Pinus silvestris*, aber auch Laubholz kann das beschriebene Aussehen erlangen. Mich interessierte bei meinen Farbenstudien die Frage, wie der silbergraue Glanz dieses alten Holzes entsteht? Bei genauerer Untersuchung zeigte sich zunächst, daß nur die äußerste Schicht so gefärbt ist; darunter ist das Holz weiß oder etwas gelblich. Bei einem besonders schönen, außen ganz glatten Stück eines grauen Fichtenholzes fand ich auf dem Längsschnitt, der senkrecht zur Außenfläche gerichtet war, außen etwa fünf Lagen von Tracheiden mit ganz farblosen Wänden und in ihrem Innern Zellgruppen eines rußtauartigen Pilzes, darunter eine Schicht, die etwa doppelt so dick wie die äußere war, mit braungelb gefärbten Membranen der Tracheiden aber ohne Pilz, und die übergeht in die inneren Teile des farblosen Holzes. Ich habe nun ungefähr ein Dutzend Proben von grauem, altem Holz verschiedener Herkunft untersucht und immer in den äußeren Tracheiden oder Holzzellen den erwähnten Pilz gefunden, im Holz aber, das angestrichen war oder noch ist, tritt der Pilz nicht auf; offenbar wird er hier durch den Anstrich verhindert, sich anzusiedeln. Es wäre interessant, ob auch in anderen Ländern derselbe Pilz vorkommt, z. B. in Japan, da DOFLEIN in seiner Ostasienfahrt erzählt (S. 93), daß die Holzbauten der Japaner einen wunderbar feinen, silbergrauen Ton in die Landschaft mit den grünen Bäumen hineinbringen.

Was nun den Pilz betrifft, so erinnert er, wie gesagt, an die Rußtaupilze, er hat ein kurzgliedriges Mycel, dessen rundliche Zellen durchschnittlich 0,003—0,004 mm dick sind, und dessen Hyphen dadurch charakterisiert sind, daß sie sich gern zu kleinen Ballen ineinanderkrümmen. Diese Knötchen findet man einzeln oder gruppenweise, auch ohne verbindende Hyphenstränge, ganz unregelmäßig verteilt, selten sind farblose Hyphen dazwischen an-

zutreffen. Die Vermehrung scheint hauptsächlich durch Torulaartige Abgliederung zu erfolgen. Nicht selten sieht man zweizellige Glieder neben den größeren Klumpen und längeren Fadenstücken liegen. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber den Rußtaupilzen besteht darin, daß diese nur epiphytisch leben sollen, wie wenigstens Neger angibt (Flora, X, 1918, S. 67), während der

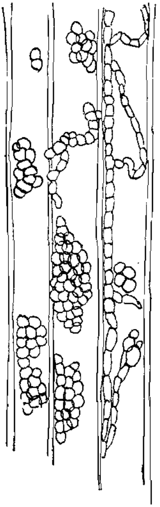


Abb. 1. Pilz in den Tracheiden des grauen Holzes, von der Fläche gesehen. (Ca. 900 : 1.)

hier beschriebene Pilz sich im Innern der Zellen befindet, wie man besonders deutlich auf Längsschnitten sieht, wo er auch in den weiter innen liegenden Tracheiden wahrzunehmen ist. Ob unser Pilz durch Kultur oder durch Auffinden einer charakteristischen Fruchtform noch sicher bestimmt werden kann, lasse ich für jetzt dahingestellt sein, zumal da es mir mehr darauf ankommt, ob er, der infolge der gefärbten Membran im Mikroskop in umbrabrauner Farbe erscheint, auch die Veranlassung der grauen Färbung des Holzes ist, und wie diese Erscheinung zustande kommt.

Die graue Farbe wird im Pflanzenreich vielfach dadurch erzeugt, daß eine farblose, aber nicht ganz durchsichtige, sondern nur durchscheinende Schicht auf einem dunklen Untergrund, den wir mit EXNER Tapetum nennen können, liegt. (Vergl. EXNER in Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. 1910, CXIX, I.) Der dunkle Untergrund aber ist gewöhnlich braun, wie ja auch das schwarze Aussehen bei Pflanzen meistens durch ein braunes Pigment hervorgerufen wird, was sich aus meiner Zusammenstellung über die Entstehung der schwarzen Farbe in diesen Berichten (1920, S. 252) ergibt. Das Pigment ist niemals ganz gleichmäßig ausgebreitet, sondern entweder sind die Inhaltsmassen oder die Wände der Zellen gefärbt, seltener beide zusammen, dann aber in verschiedenen Nuancen. Für die Entstehung der grauen Farbe zur Vergleichung mit dem grauen Holz erwähne ich hier nur wenige Beispiele, wie zunächst die silbergraue Rinde der Rotbuche und des Bergahorns. Bei beiden fand ich die anatomischen Verhältnisse sehr ähnlich: außen abgestorbene, leere Korkzellen mit farblosen Wänden und Lufträumen dazwischen, wodurch eine trübe Schicht gebildet wird, darunter als Tapetum Korkzellen mit rotgelbem Inhalt, verstärkt durch die darunter liegende grüne Rinde. Ein anderes schönes Beispiel bieten die großen Samen von *Caesalpinia Bonduc*, die eine glänzend graue Oberfläche besitzen. Hier bildet die aus sehr hohen, schmalen Palisadenzellen (0,002 : 0,15 mm) mit farblosen Wänden und ungefärbtem Inhalt bestehende Epidermis die trübe Schicht, darunter liegt ein dickes Sclerenchym, dessen Zellen außen fast schwarzen, weiter innen rotbraunen Inhalt führen und das Tapetum bilden. Genau die Oberflächenfarbe der Samen erhält man, wenn man eine Mattscheibe aus dem Mikroskop auf eine schwarze Fläche legt.

Ganz besonders aber muß noch zum Vergleich herangezogen werden die Farbenerscheinung bei *Coprinus*, dem Tintenpilz. Bei *C. atramentarius* sehen die Lamellen des noch geschlossenen Hutes weiß aus, dann erscheint unten ein dunkler Rand, der sich nach dem Stielansatz zu verbreitert dementsprechend, wie die Sporen ausgebildet und ausgereift werden. In dem halbreifen Zustand nun zeigen die Lamellen dasselbe Silbergrau wie unser silbergraues Holz, ja die dicht zusammenschließenden Lamellen ähneln sogar der Faserung des Holzes. Die Graufärbung ist hier also auf folgende Weise zu erklären: die Cystiden an dem Rande der einen Lamelle verfilzen sich mit denen der benachbarten und so werden Luftschichten zwischen den Lamellen festgehalten, die das Gewebe weiß erscheinen lassen, solange noch keine Sporen da sind; wenn

nun diese reif und braun werden, bildet das Hymenium das dunkle Tapetum, und die graue Farbe entsteht wie bei der Buchenrinde. Der Glanz wird offenbar bewirkt durch die großen Cystiden mit ihrem wässerigen Inhalt, die wie glänzende Tröpfchen erscheinen. Auch von oben gesehen erhält der Rand des Hutes ein silbergraues Aussehen, wenn hier die Sporen reif werden, weil dann die letzteren durch die dünne, mit vielen Lufträumen durchsetzte Schicht der oberflächlichen Hutsubstanz hindurchscheinen. Obwohl also die Sporen einzeln im Mikroskop gesehen eine schöne dunkelbraune Membranfärbung zeigen, wirken sie zusammen nur als dunkles Tapetum, und die durchscheinende Schicht läßt nichts mehr von dem Braun erkennen, das Aussehen wird grau. Sehr auffallend und für mich nicht erklärlich ist nun der Umstand, daß auch ohne die äußere, trübe Schicht die braunen Sporen doch grau aussehen können. Wenn man nämlich auf gummiertes Papier, solange es noch feucht ist, von einem reifen Pilzhut die Sporen so aufträgt, daß sie auf dem Papier fein verstreut haften, so ist dieses beim Trocknen nicht braun, sondern grau gefärbt; sogar wenn man gelbliches Papier bei dem Versuch anwendet, sieht es nach dem Auftragen der Sporen grau aus. Es scheint also, daß das braune Pigment sehr leicht einen grauen Reflex gibt, besonders dann, wenn es aus distinkten Punkten besteht, wie wir es bei dem zuletzt geschilderten Versuch sehen. Hier haben wir auch die Analogie mit dem Silberholz, wo das dunkle Tapetum aus lauter einzelnen braunen Pilzkolonien zusammengesetzt ist. Auf genauere physikalische Untersuchungen, die hier noch nötig wären, müssen wir an dieser Stelle verzichten. Es möge genügen, auf die Erscheinung des silbergrauen Holzes aufmerksam gemacht zu haben, die in zweifacher Hinsicht interessant ist: einmal wegen des regelmäßigen Vorkommens des Pilzes in seinen Zellen und sodann wegen der physikalischen Erklärung der Färbung.

P. S. Erst nachträglich habe ich gesehen, daß W. H. SCHRAMM in seiner Abhandlung über das Vergrauen der Hölzer (Jahresber. d. Vereinig. d. Vertr. d. angew. Botanik IV., 1906, S. 140—153) auch Pilze als die Ursache der Erscheinung angibt.

3. Bruno Huber: Eine einfache Methode zur Messung der Verdunstungskraft am Standort.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 19. November 1923. Vorgetragen in der Dezembersitzung.)

Livingston (1906) bezieht die Transpirationsgrößen der Pflanze (T) auf die gleichzeitige Verdunstungsgröße (E) einer gleichgroßen freien Wasserfläche (bzw. von einem wassergesättigten Körper) und bezeichnet das Verhältnis als „relative Transpiration" oder „Transpirationsvermögen" (t):

$$T : E = t$$

Ich stehe nicht an, diese Einführung als den bedeutsamsten Schritt in der Analyse der Transpiration zu bezeichnen. Die tatsächliche Transpiration stellt sich nach dieser dar als ein Produkt aus der Verdunstungskraft der Umgebung und dem jeder Pflanze eigentümlichen, ausschließlich von ihr abhängigen und durch sie regulierbaren Transpirationsvermögen:

$$T = E \cdot t$$

Das bedeutet die scharfe Trennung der Anteile bloß äußerer physikalischer Bedingtheit und physiologischer Regelung am Transpirationsvorgang. Von den beiden Größen beschäftigt den Physiologen nur das Transpirationsvermögen, als die allein physiologische Seite der Gesamterscheinung, und er bestimmt die Verdunstungskraft nur, um aus der tatsächlichen Transpiration das Transpirationsvermögen ermitteln zu können. Anders beim Ökologen, dem Erforscher der Standortsverhältnisse. Für ihn hat nicht nur die Kenntnis des Transpirationswiderstandes (als solchen bezeichnet man den reziproken Wert des Transpirationsvermögens) Bedeutung, den die Pflanze der ungehemmten Verdunstung in den Weg zu legen vermag, sondern er muß auch die Verdunstungskraft beurteilen und vergleichen können, der die Pflanze an verschiedenen Standorten ausgesetzt ist. Für ihn wird also im Gegensatz zum Laboratoriumsphysiologen die Messung der Verdunstungskraft bis zu einem gewissen Grad zur selbständigen Fragestellung. Trotzdem liegen gerade über diesen außerordentlich wichtigen Umweltfaktor im Gegensatz zu andern nur ganz rohe Schätzungen vor, die meist auf eine Stufe mit den primitiven Bezeichnungen für Temperaturverhältnisse durch heiß, warm,

kühl usw. zu stellen sind. Der Grund der schlechten Kenntnis des „Verdunstungsklimas", für das wir selbst in der meteorologischen Literatur nicht allzu viele brauchbare Angaben finden, liegt vor allem im Mangel eines allgemein verwendbaren und vergleichbaren Meßverfahrens. Ohne mich daher auf die Schwierigkeiten einer streng definierten Bestimmung der Verdunstungskraft einzulassen[1]), will ich im folgenden eine Methode zur Messung der Verdunstungskraft beschreiben und auf ihre Brauchbarkeit prüfen, die seinerzeit für meteorologische Zwecke schon verwendet worden ist und sich für botanisch-pflanzengeographische Zwecke als durchaus geeignet und ungemein einfach erweist. Den Hinweis auf das Verfahren verdanke ich dem Vorstand der Lehrkanzel für Meteorologie an unserer Hochschule, Herrn Prof. Dr. SCHMID, dem ich für seine nimmermüde Beratung in physikalisch-meteorologischen Fragen ganz besonders danken möchte.

1891 hat ULE auf Grund des Vergleichs verschiedener meteorologischer Daten darauf hingewiesen, daß der Gang der Verdunstung während der einzelnen Monate (mit der WILDschen Verdunstungswage bestimmt) weder mit der absoluten, noch der relativen Feuchtigkeit, noch dem Sättigungsdefizit, wohl aber mit der mittleren Psychrometerdifferenz weitgehend übereinstimmt, und die Vermutung ausgesprochen, daß demnach der Temperaturunterschied zwischen dem feuchten und trocknen Thermometer ein brauchbares Maß für die Verdunstungskraft liefere. Unabhängig von ihm hat schon um dieselbe Zeit KREBS das Psychrometer zu Verdunstungsmessungen verwendet und hierüber 1894 berichtet. Seither wird in den meteorologischen Lehrbüchern (HANN 1915 S. 215) immer darauf hingewiesen, daß die Psychrometerdifferenz der Verdunstung proportional sei und demnach ein Maß für die Verdunstungskraft gebe; es wurden aber meines Wissens seither nie wieder Verdunstungskraftmessungen mit Hilfe des Doppelthermometers ausgeführt.

Theoretisch ist ja die enge Beziehung zwischen Verdunstung und Psychrometerdifferenz durchaus einleuchtend: die Temperatur des feuchten Thermometers wird sich um so tiefer einstellen, je größer der Wärmeentzug durch Verdunstung und somit diese selbst ist. Das Gleichgewicht wird dann erreicht sein, wenn die

1) Vgl. SCHMID 1916. Eine Zusammenstellung der zahlreichen zu Verdunstungsmessungen schon verwendeten oder häufiger auch nur beschriebenen Instrumente findet man bei LIVINGSTON (1915), Literatur auch bei BURGERSTEIN (1920 S. 34 f.). Schließlich vgl. man das diesbezügliche Kapitel bei RÜBEL (1922)

mit zunehmender Temperaturdifferenz steigende Wärmezufuhr den Wärmeverbrauch durch die Verdunstung deckt. Von der Erreichung dieses Gleichgewichtszustandes hängt die Einstellung des feuchten Thermometers unter dem trockenen (die Psychrometerdifferenz) ab. Bevor ich aber an Verdunstungskraftmessungen auf Grund dieser überaus einfachen Methode ging, mußte ich durch Vergleich mit einem der üblichen Verdunstungsmesser die Brauchbarkeit und Genauigkeit des Verfahrens prüfen. Ich verwendete zu diesem Vergleich das Evaporimeter nach *PICHE*, eine einseitig offene, aufhängbare Glasröhre von etwa 1 cm^2 lichter Weite und und mit Volumeinteilung. Das offene untere Ende der Glasröhre wird durch eine allseits vorspringende Filtrierpapierscheibe von 3 cm Durchmesser verschlossen, die durch eine Messingspange der Mündung angedrückt wird und durch ein feines Loch an Stelle des verbrauchten Wasser in die Glasröhre Luft eintreten läßt. Diese Papierscheibe dient als Verdunstungskörper; die Verdunstungsgröße wird durch den Wasserverbrauch bestimmt, den man an der Glasröhre auf 0·05 cm^3 genau ablesen kann.

Ein speziell auf den Vergleich der beiden Instrumente gerichteter Versuch wurde am 2. IX. 1923 im Garten der Koburg in Gufidaun bei Klausen (Südtirol) ausgeführt. Psychrometer und Evaporimeter hingen nebeneinander an einem Baumast 2 m über dem Boden. Die Psychrometerdifferenzen wurden alle halben Stunden, der Evaporimeterstand alle 2 Stunden abgelesen. Die folgende Tabelle bringt die Ergebnisse, mittlere Temperatur (T), mittlere Psychrometerdifferenz (D), beide aus 4 Messungen, und Verdunstung des PICHE-Evaporimeters (E) für je 2 Stunden: trotz Steigerung der mittleren Psychrometerdifferenz von 3·9° (Min. 3·0) auf 8·0° (Max. 8·4) bleibt das Verhältnis zur Verdunstung des Evaporimeters ungefähr konstant (0·10—0·14 cm^3/Grad Ps.—D. und 2 Stunden).

Tabelle.

Zeit	T	D	E	E:D
7— 9^h	13·6	3·9	0·45	0·12
9—11^h	16·6	4·7	0·60	0·13
11—13^h	19·3	6·1	0·60	0·10
13—15^h	21·9	7·8	1·00	0·13
15—17^h	22·5	8·0	1·15	0·14
17—19^h	20·7	6·5	0·65	0·10

Ich habe dann aber auch alle übrigen Psychrometermessungen, die im August regelmäßig und gelegentlich auch noch im September täglich dreimal im Koburggarten ausgeführt wurden, mit den gleichzeitigen Evaporimetermessungen, soweit solche nebenher

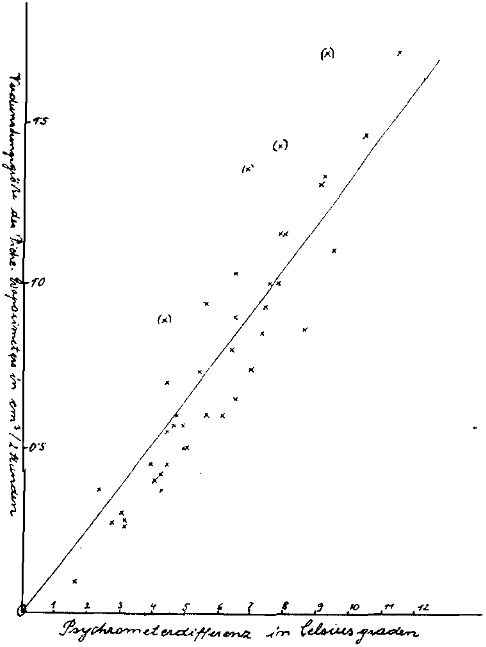


Abb. 1. (Erklärung im Text)

liefen, verglichen und in derselben Weise wie oben dargestellt. Ich verzichte auf die ausführliche Wiedergabe der Tabelle und verweise auf die beigegebene graphische Darstellung, die alle 40 festgestellten Einzelwerte mit der Psychrometerdifferenz als Abszisse, der Verdunstungsgröße als Ordinate enthält. Im einzelnen ist hierzu folgendes zu bemerken:

1. Die Vergleichszahlen können nicht so genau ausfallen, wie im oben angeführten Versuch, weil die mittlere Psychrometerdifferenz durch das Mittel der ziemlich weit auseinanderliegenden Einzelmessungen (7 und 14^h, bzw. 14 und 20^h) nur ungenau dargestellt wird. Am genauesten sind in dieser Hinsicht die Vormittagsmessungen, weil zwischen 7 (bzw. manchmal 8) Uhr und 14^h die Psychrometerdifferenz ziemlich linear ansteigt, am Nachmittag ist aber die mittlere Differenz größer als das Mittel der Messungen um 14 und 20^h, weil die Psychrometerdifferenz bis gegen 17^h auf fast gleicher Höhe bleibt (das Maximum wurde meist gegen $15\frac{1}{2}^h$ erreicht, da der Garten nachmittag volle Sonne erhielt) und erst dann stärker absinkt. Tatsächlich ergaben auch alle Bestimmungen für den Nachmittag ein größeres Verhältnis von E : D (meist um ungefähr 0·02 größer) als am Vormittag (sie wurden aber trotzdem in die graphische Darstellung aufgenommen). Die Verdunstung während der Nacht kann aus demselben Grund mit dem Mittel der Psychrometerdifferenzen von Morgen und Abend überhaupt nicht verglichen werden, weil dazwischen ein Minimum der Psychrometerdifferenz (um die Zeit des Sonnenaufganges) liegt.

2. In vier Fällen stieg das Verhältnis E : D auf 0·18—0·20. In all diesen Fällen ist in meinen Aufzeichnungen stärkerer Wind verzeichnet (einmal mit 9 km/Stunde in der Höhe der Instrumente gemessen). Unter solchen Umständen werden die Messungen des Evaporimeters unverläßlich, weil bei starken Erschütterungen ein Ausschleudern von Tropfen erfolgt. Diese Fälle sind daher für den Vergleich nicht heranzuziehen (in der graphischen Darstellung sind die betreffenden Punkte eingeklammert).

3. Von all dem abgesehen zeigt aber die graphische Darstellung deutlich trotz einer im ganzen recht weitgehenden Gleichsinnigkeit doch eine ausgesprochene Verschiebung in dem Sinne, daß bei hohen Psychrometerdifferenzen die Verdunstung verhältnismäßig noch größer, bei kleinen Differenzen dagegen kleiner ausfällt, als es bei strenger Proportionalität der Fall sein müßte. Aus dem Mittel aller Bestimmungen ergibt sich für die graphische Darstellung ein Richtungskoeffizient von 1·31 (0·131 cm^3/Grad Ps.—D. und 2 Stunden; würde man sich auf die einwandfreieren Vormittagsmessungen beschränken, so wäre er 1·22 bzw. 0·122 cm^3/Grad Ps.—D. und 2 Stunden). Diesem mittleren Richtungskoeffizienten entspricht die in der Darstellung eingetragene Gerade. Man sieht, daß bei niederen Psychrometerdifferenzen die Punkte größtenteils unterhalb, bei mittleren ziemlich gleichmäßig zu beiden Seiten

und schließlich bei hohen Differenzen durchwegs über der Geraden liegen. Es scheint also für große Verdunstung die Psychrometerdifferenz etwas zu niedrig, für kleine verhältnismäßig zu hoch zu sein.

Doch ist auch diese Verschiedenheit aus der besonderen Natur der beiden Apparate erklärlich: beim Psychrometer findet die Verdunstung von einer Fläche aus statt, deren Temperatur um so mehr hinter der Außentemperatur zurückbleibt, je stärker die Verdunstung ist. Das muß eine entsprechende Erniedrigung des Dampfdruckes auf dieser Fläche und damit der Verdunstung selbst zur Folge haben. Infolge dieser mit zunehmender Verdunstung steigenden „Unterkühlung" der verdunstenden Fläche nimmt die Verdunstung auch nicht proportional dem Sättigungsdefizit zu, sondern bleibt mehr und mehr hinter dem bei strenger Proportionalität zu erwartenden Betrag zurück (Hann 1916 S. 221). Beim Evaporimeter wird zwar die Temperatur der verdunstenden Papierscheibe auch tiefer liegen als die Außentemperatur, sie steht aber doch mit einem größeren Wasserbehälter in Verbindung, der durch eine ziemlich große Oberfläche in fortwährendem Wärmeaustausch mit der Umgebung steht und infolgedessen auch die Papierscheibe jedenfalls auf einer höheren Temperatur erhält als auf der des feuchten Thermometers. Die Verdunstungsgröße des Evaporimeters wird daher der Proportionalität mit dem Sättigungsdefizit näherkommen als das Psychrometer und rascher ansteigen als die Psychrometerdifferenz. Gelänge es, die Temperatur der verdunstenden Fläche ständig auf der Temperatur der Außenluft zu erhalten, dann müßte die Verdunstung von einer solchen Fläche dem Sättigungsdefizit vollkommen proportional werden; so aber hängt der Grad der Annäherung an diese Proportionalität von der besonderen seitlichen Wärmezufuhr bei den verschiedenen Apparaten ab, und die Verdunstung eines solchen Apparates erscheint daher schlechter definiert als die durch seitliche Wärmezufuhr kaum beeinflußte Verdunstungsgröße des Psychrometers. Es wird daher die Verdunstungskraft durch die Psychrometerdifferenz objektiver gekennzeichnet als durch die Verdunstungsgröße der üblichen Verdunstungsmesser, die je nach den besonderen Wärmeleitungsverhältnissen bald mehr der Psychrometerdifferenz, bald mehr dem Sättigungsdefizit proportional ist.

Daß tatsächlich die seitliche Wärmezufuhr für die Divergenz zwischen Evaporimeterverdunstung und Psychrometerdifferenz verantwortlich zu machen ist, lehrte folgender, am 11. XI. 1923 ausgeführter Versuch, der die Verschiedenheiten im Gang beider

Apparate fast quantitativ zu erklären imstande ist: von zwei Evaporimetern, die durch zwei Tage hindurch auf die Gleichheit ihres Ganges geprüft worden waren, wurde bei einem die Glasröhre mit einer Hülle von ständig feucht gehaltenem Filtrierpapier umgeben, die das Instrument auf der Temperatur des feuchten Thermometers hielt und eine Wärmezufuhr zur verdunstenden Papierscheibe ausschloß. Um die Verdunstung möglichst hochzuhalten, wurde das Versuchszimmer stark geheizt (Temp. bis 32·8° C) und ein kräftiger Ventilator in Gang gesetzt. Die Evaporimeter wurden ca. 1 m vom Ventilator symmetrisch zu seiner Achse (in gleicher Windstärke) aufgehängt; zwischen beiden hing ein Psychrometer, dessen Differenzen viertel- bis halbstündig abgelesen wurden. Nachstehend das Endergebnis des 7stündigen Versuches:

	Umhülltes	nicht umhülltes
	Evaporimeter	
Absolute Verdunstungsgröße in cm³ . .	3·35	3·8
Verhältniszahlen	88	100
Verdunstung/Grad Ps.-D. und 2 Stunden (mittl. Ps.-D. 8·1°)	0·119	0·135

Bei einer Psychrometerdifferenz von 8·1° im Mittel bleibt die Verdunstung des umhüllten Evaporimeters bereits um 12 % hinter der des nicht umhüllten zurück. Das sind fast genau die Beträge, um die sich bei steigender Psychrometerdifferenz das Verhältnis zwischen Evaporimeterverdunstung und Psychrometerdifferenz verschiebt (0·12—0·13 im Durchschnitt bei mittleren, 0·14—0·15 bei den höchsten Psychrometerdifferenzen). Nur die wenigen Beobachtungen eines Verhältnisses von weniger als 0·10 bei sehr niederen Differenzen erscheinen noch nicht restlos verständlich. Bemerkenswert ist aber, daß auch dieser, an einem ganz anderen Ort (Wien), zu einer ganz anderen Zeit ausgeführte Versuch wieder fast genau zu demselben Verhältnisse E : D geführt hat wie die Versuche in Gufidaun. Das spricht sehr für die allgemeine Anwendbarkeit des Psychrometers zu vergleichenden Verdunstungskraftmessungen.

Schließlich sei zum Zwecke einer besseren Vorstellung die einem Grad Psychrometerdifferenz entsprechende Verdunstung anstatt durch die wenig anschauliche Verdunstungsgröße des PICHE-Evaporimeters nach Art der alten Verdunstungsangaben (und der üblichen Niederschlagsmessungen) durch die Höhe der verdunsteten Wasserschicht ausgedrückt. Nehmen wir als mittlere abgerundete Verhältniszahl eine Verdunstung von 0·13 cm³/Grad Ps.-D. und 2 Stunden, so bedeutet das angesichts einer freien Oberfläche der

verdunstenden Papierscheibe von 13 cm² ($2 \cdot 1{,}5^2\pi - 1 = 14 - 1 = 13$) eine verdunstete Wasserschicht von stündlich 0·05 mm Höhe[1]) oder 1·2 mm in 24 Stunden. KREBS kommt auf Grund allerdings weit roherer Messungen zu einer Schätzung von etwa 2 mm für den Grad Psychrometerdifferenz in 24 Stunden. Die Übereinstimmung ist in Anbetracht der schlechten Vergleichbarkeit verschiedenartiger Verdunstungsmessungen durchaus befriedigend, vor allem, wenn man noch berücksichtigt, daß nach Versuchen RENNERs (1910 S. 508), die ich mit gleichem Erfolg wiederholt habe, die nach zwei Seiten erfolgende Verdunstung von Papierscheiben (wie beim PICHE-Evaporimeter) gegenüber einer einseitigen (wie bei den freien Wasserflächen in den Versuchen von KREBS) für die gleiche Fläche deutlich herabgesetzt ist (unter den Versuchsbedingungen RENNERs um 20 %).

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß das Psychrometer nicht nur eine außerordentlich einfache, sondern eine sogar vom meteorologischen Standpunkt aus einwandfreie, für botanische Zwecke jedenfalls mehr als notwendig genaue Messung der Verdunstungskraft gestattet. Die Ergebnisse vergleichender derartiger Messungen an verschiedenen Standorten werden in anderem Zusammenhang mitgeteilt werden.

Wien, Lehrkanzel für Botanik der Hochschule für Bodenkultur, im November 1923.

Literatur.

1. BURGERSTEIN, A., 1920. Die Transpiration der Pflanzen. II. Jena (G. FISCHER).
2. HANN, J., 1915. Lehrbuch der Meteorologie. 3. Aufl. Leipzig.
3. KREBS, W., 1894. Die Erhaltung der Mansfelder Seen. Leipzig (G. UHL).
4. LIVINGSTON, B. E., 1906. The relation of desert plants to soil moisture and evaporation. Carn. Inst. Wash. Publ. 50.
5. — —, 1915. Atmometry and the porous cup atmometer. Plant World 18.
6. RENNER, O., 1910. Beiträge zur Physik der Transpiration. Flora 100. 451.
7. RÜBEL, E., 1922. Geobotanische Untersuchungsmethoden. Berlin (BORNTRAEGER).
8. SCHMID, W., 1916. Zur Frage der Verdunstung. Ann. d. Hydrogr. usw. 44. 136.
9. ULE, W., 1891. Zur Beurteilung der Evaporationskraft eines Klimas. Meteorol. Zeitschr. 26. 91.

1) In einer dem Botaniker geläufigeren Form ausgedrückt, hieße das 500 mg/dm² Stunde und Grad Psychrometerdifferenz, eine ungeheure Zahl, die aber eben nur für diesen kleinen Verdunstungskörper gilt. Bei größeren Flächen ist die Verdunstung verhältnismäßig bekanntlich weit geringer.

4. Bruno Huber: Beiträge zur Kenntnis der Wasserbewegung in der Pflanze.

II. Die Strömungsgeschwindigkeit und die Größe der Widerstände in den Leitbahnen.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 3. Dezember 1923. Vorgetragen in der Januarsitzung 1924.)

Ich bin vor einem Jahre (1923a) in einer theoretischen Betrachtung der Kohäsionstheorie zu dem Ergebnis gekommen, daß sich der Streit um diese Theorie nur noch um die eine Frage drehe: Genügt das zwischen den Saugkräften der Wurzeln und denen der Blätter bestehende Potentialgefälle, um einen Wasserstrom von der Geschwindigkeit und Menge des Transpirationsstromes durch den Stamm zu führen? Daß in Bezug auf diesen Punkt noch so große Meinungsverschiedenheiten herrschen und eine Einigung bisher nicht zu erzielen war, beruht auf der Schwierigkeit der Beurteilung der Widerstände, die der Transpirationsstrom im Stamm zu überwinden hat. Während JOST (1913, S. 94) beispielsweise für eine rohe Überschlagsrechnung 2 atm/10 m Leitbahnlänge ansetzt, sprechen andere Forscher (URSPRUNG 1915) von Hunderten von Atmosphären im ganzen Stamm. Ich habe in einer früheren Mitteilung (1923b) auf Beobachtungen hingewiesen, die darauf hindeuten, daß wir nicht mit einem linearen, sondern einem sich vielleicht erheblich abflachenden Anstieg der Widerstände mit der Stammhöhe zu rechnen haben, so daß „Kräfte derselben Größenordnung, wie sie auf kurze Strecken wirksam nachgewiesen sind, auch die Wasserbewegung auf größere Strecken ermöglichen“ dürften. Über die absolute Größe der Widerstände und der zu ihrer Überwindung notwendigen Kräfte konnte ich damals noch keine Angaben machen. Auf Grund neuer experimenteller Ergebnisse kann ich nun mit Berücksichtigung der genauen Leitfähigkeitsbestimmungen FARMERs (1918) diese, wie ich glaube, *letzte grundsätzliche Frage zur quantitativen Leistungsfähigkeit* der Kohäsionstheorie wenigstens so weit beantworten, daß die Größe der in Betracht kommenden Widerstände innerhalb gewisser Grenzen mit Sicherheit festgelegt werden kann.

Die Untersuchungen bezweckten die Feststellung der die *Einheit des leitenden Querschnittes in der Zeiteinheit* (Stunde) durchsetzenden Wassermengen. Solche Bestimmungen waren bis-

her bekanntlich an der Schwierigkeit gescheitert, in einem größeren Stamm angesichts der verschiedenen Leitfähigkeit der einzelnen Jahresringe und der verschiedenen Elemente eines Jahresringes die Leitfläche auch nur annähernd zu ermitteln (JOST 1913, S. 84 f.). Für einen Fortschritt in dieser Frage war die von JACCARD (1913) vertretene Auffassung von höchster Bedeutung, der den Stamm als einen Schaft konstanter Wasserleitfähigkeit betrachtete und hierfür später auch Tatsachenmaterial beibrachte (1915)[1]. 1919 hat RÜBEL durch Einführung der Verhältniszahl Leitungsfläche : Transpirationsfläche die Grundlage für eine exakte physiologische Bewertung des Leitungssystems geschaffen und gezeigt, daß bei der Sonnenblume, also auch einer krautigen Pflanze, in Übereinstimmung mit der Theorie JACCARDs das Verhältnis in allen Teilen im wesentlichen gleichbleibend ist. Es war damit gleichgültig geworden, an welchen Teilen man das Verhältnis zwischen leitendem Querschnitt und Transpirationsfläche oder, was für unsere Frage das Entscheidende ist, Leitungsfläche und Wasserverbrauch feststellte. Von dieser Erwägung ausgehend habe ich die im folgenden angeführten Bestimmungen an 1- bis 4jährigen Zweigen ausgeführt. Damit fiel die Schwierigkeit der Bewertung der verschiedenen Leitfähigkeit der einzelnen Jahresringe weg. Als leitender Querschnitt wurde im Gegensatz zu RÜBEL der Querschnitt des gesamten Holzkörpers nach Querschnitten bestimmt, die unterm Mikroskop mit dem Zeichenapparat auf Millimeterpapier abgezeichnet wurden. Dies geschah zunächst aus Gründen der Einfachheit der Bestimmung, dann aber auch deshalb, weil sich die Leitfähigkeitsbestimmungen FARMERs gleichfalls auf den Gesamtquerschnitt des Holzkörpers beziehen. Das bei jungen Zweigen verhältnismäßig sehr ausgedehnte Mark wurde wie bei FARMER sorgfältig ausgenommen. Der Wasserverbrauch wurde an den abgeschnittenen, in Wasser stehenden Zweigen während der Tagesstunden des 14. und 16. Mai 1923 durch Wägung bestimmt. Wir kommen dadurch den Verhältnissen am Baum gegenüber zu Höchstwerten des Wasserverbrauchs (HUBER 1923c, S. 475, 499), was ja bei der Prüfung der quantitativen Leistungsfähigkeit der Kohäsionstheorie erwünscht ist. Die Übereinstimmung, die sich nicht nur bei mehreren Proben von derselben Art, sondern auch bei den verschiedenen sommergrünen Laubhölzern untereinander und anderseits bei den Nadelhölzern und immergrünen Laub-

1) Genauer gesprochen ergeben die Zahlen sogar eine leichte, aber deutliche Zunahme der Leitfläche mit der Stammhöhe. (Vgl. HUBER 1923b.)

hölzern ergab, ist so überraschend gut, daß ich nicht zögere, die Ergebnisse wenigstens der Größenordnung nach als grundsätzlich zu verallgemeinern.

Zum Verständnis der folgenden Tabelle ist folgendes vorauszuschicken:

1. Um eine Vorstellung von den Größenverhältnissen der zur Verwendung gekommenen Zweige zu geben, werden zuerst die *absoluten Zahlen für Gewicht* (G), *Oberfläche* (O), *stündlichen* Wasserverbrauch (T) und Leitfläche (L) der Versuchszweige angegeben. Es folgen die Verhältniszahlen L : O und T : L. Letztere, für uns besonders wichtig, gibt in cm^3 die Wassermenge an, die *in der Stunde ein* cm^2 *Leitfläche* durchsetzt. Stellen wir uns diese Wassermenge in Form eines geschlossenen Zylinders über der Leitfläche vor, so gibt uns die Verhältniszahl die Höhe (Länge) dieses Zylinders in cm und damit schon einen Vergleichsmaßstab für die Strömungsgeschwindigkeit. *Diese muß tatsächlich in dem* Maße größer sein, je geringer der Anteil der lichten Weiten am Gesamtquerschnitt ist.

2. Die im normalen Transpirationsstrom den leitenden Querschnitt durchsetzende Wassermenge wird mit jener verglichen, die in den Versuchen FARMERs über die Leitfähigkeit verschiedener Hölzer durch die Leitfläche traten. FARMER gibt als „specifis volum" die Wassermenge in cm^3 an, die in 15 Minuten unter einem konstanten Druck von 30 cm Quecksilber durch den cm^2 Leitfläche eines 15 cm langen Holzstückes filtriert. Zur Erzielung einer handlicheren Einheit habe ich durch Multiplikation mit 1·52 die von FARMER angegebenen Zahlen auf cm^3/cm^2 Leitfläche, Stunde und Atmosphären pro m Leitbahnlänge umgerechnet (Leitungsvermögen L-V.). Das Verhältnis der tatsächlich durchtretenden Wassermenge zu der unter einem Spannungsunterschied von 1 atm/m filtrierenden ergibt dann den für den Transpirationsstrom notwendigen Druckunterschied in Atmosphären pro m Leitbahnlänge (P).

Die Zahlen bedürfen kaum einer Erläuterung: bei den sommergrünen Laubhölzern *fällt die strenge Proportionalität* der Ausbildung des Leitungssystems zum Wasserverbrauch auf, die trotz starker Unterschiede in diesem das Verhältnis T : L nahezu konstant erscheinen läßt (20·3—23·4 cm^3/cm^2h). Weit größer ist entsprechend der geringeren Leitfähigkeit des Holzes (engere oder keine Gefäße) der auf den dm^2 kommende leitende Querschnitt bei Nadelhölzern und immergrünen Laubhölzern. Dementsprechend ergibt sich eine erheblich geringere Strömungsgeschwindigkeit (im

Art	G	O	T	L	L : O	T : L	L.-V.	P
Birke	18·75 g	11·54 dm²	2·23 g/h	10·0 mm²	0·87 $\frac{mm^2 L}{dm^2 O}$	22·3 $\frac{cm^3}{cm^2 h}$	77 $\frac{cm^3}{cm^2}$	0·20 atm/m
Zerreiche	10·60 „	9·72 „	1·033 „	5·1 „	0·52 „	20·3 „		
Stieleiche (Schattenzweig)	25·65 „	34·74 „	1·775 „	7·6 „	0·22 „	23·4 „	113 „	0·21 „
Buche (Sonnenzweig)	3·95 „	4·96 „	0·173 „	0·74 „	0·15 „	23·0 „	98 „	0·23 „
Lärche	9·7 „	7·85 „	0·92 „	6·0 „	0·69 „	15·3 „	22 „	0·70 „
Steineiche (Gewächshaus)	4·67 g	2·60 dm²		2·9 mm²	1·12 $\frac{mm^2 L}{dm^2 O}$	5·0 $\frac{cm^3}{cm^2 h}$ [1]	48 $\frac{cm^3}{cm^2}$	<0·10 atm/m
Stechpalme	9·9 „	3·94 „	0·239 g/h	4·8 „	1·22 „	5·0 „	13·5 „	0·37 „
Buchsstrauch	4·72 „	2·82 „		3·4 „	1·21 „			
Schwarzföhre	7·67 g	2·60 dm²	0·066 g/h	3·6 mm²	1·21 $\frac{mm^2 L}{dm^2 O}$	1·9 $\frac{cm^3}{cm^2 h}$	20 $\frac{cm^3}{cm^2}$ [2]	0·10 atm/m
Rotföhre	10·50 „	3·57 „		4·9 „	1·37 „			
Fichte (4 Einzelhest.)					1·14 „	4·8 „		
Mammutbaum (7 Einzelhest.)					0·47 „	9·6 „	[3]	

1) Weil der **Wasserverbrauch** jedenfalls kleiner als bei der Stieleiche anzunehmen ist.
2) L.-V. nur für Scots Pine angegeben.
3) Holz sehr wenig dicht: L.-V. daher für ein Nadelholz verhältnismäßig groß anzunehmen.

Mittel etwa 5 cm^3/cm^2h, nur bei der sommergrünen Lärche 15·3). Dadurch erfordert auch bei den Immergrünen die Wasserbewegung auf den Meter Leitbahnstrecke nicht mehr Spannung als bei den viel besser leitfähigen sommergrünen Laubhölzern[1]). Diese beträgt im allgemeinen etwa 0·2—0·4 atm/m, d. h. auf 10 m Stammhöhe kommen für den Wassertransport zu der Atmosphäre Hebearbeit noch 2—4 atm für die Überwindung des Filtrationswiderstandes. Das entspricht genau den von URSPRUNG und BLUM (1916) bei der Buche festgestellten Saugkraftunterschieden (in der untern Epidermis 4·0, der obern 3·0, dem Schwammparenchym 3·2, den Palisadenzellen 2·7 atm Unterschied zwischen einem Blatt in 13 m Entfernung von der Wurzelspitze und einem aus 2·7 m Entfernung). Auch die Strömungsgeschwindigkeit, die wir in roher Schätzung mit etwa dem doppelten der T:L-Werte in cm ansetzen können, stimmt in der Größenordnung vollkommen mit der von SACHS (1878) auf ganz anderm Wege erschlossenen überein.

Mögen ausgedehntere Untersuchungen auch in den Einzelheiten noch vieles ändern (es wird vor allem die Variabilität bei der einzelnen Art nach Alter, Stammhöhe und Standortsbedingungen u. v. a. zu prüfen sein), das Gesamtergebnis in großen Umrissen steht fest: Der Transpirationsstrom bewegt sich je nach der Leitfähigkeit des Holzes mit einer solchen Geschwindigkeit, daß er durch Spannungsunterschiede von der Größenordnung weniger Atmosphären pro 10 m Leitbahnlänge (bisher festgestelltes Maximum 7 atm bei der Lärche) in Gang erhalten werden kann. Spannungsunterschiede dieser Größe sind zwischen Wurzel- und Blattzellen bereits nachgewiesen. Die Wasserbewegung erscheint

---

1) Es ist also ein Irrtum, wenn man nach der geringeren Gefäßweite angibt, die Immergrünen hätten wegen der geringeren Wasserdurchströmung ihr Leitungssystem reduziert. Bei der Steineiche ist im Vergleich zur Stieleiche bei einer Leitfähigkeit von 40 % der leitende Querschnitt verfünffacht, so daß die Transpirationsflächen sogar besser mit Wasser versorgt erscheinen als bei der Stieleiche, obwohl der Wasserverbrauch gewiß kleiner ist. Vom Standpunkt des Wasserhaushaltes unter besonders trockenen Bedingungen erscheint dies verständlich: zu den großen Widerständen des Bodens soll möglichst wenig an inneren Widerständen dazukommen, daher die große Leitfläche, die geringe Strömungsgeschwindigkeit. Die Reduktion der Gefäßweite muß aber dann einen andern Grund haben, und ich erblicke ihn in der sichereren Gewährleistung der Kohäsion der Wasserfäden, die auf trockenem Standort besonders gefährdet sein mag.

wenigstens nach der energetischen Seite durch diese Saugkraftunterschiede quantitativ erklärlich.

Wien, Lehrkanzel für Botanik der Hochschule für Bodenkultur, im November 1923.

Literatur.

1. FARMER, J. B., 1918, Proc. Roy. Soc., ser. B., vol. 90, S. 218–250.
2. HUBER, B., 1923a, Biol. Zbl., 43. Bd., S. 30.
3. — —, 1923b, Diese Ber., 41. Bd., S. 242.
4. — —, 1923c, Zeitschr. f. Bot., 15. Bd., S. 465.
5. JACCARD, P., 1913, Naturw. Zeitschr f. Forst- u. Landwirtsch., 11. Bd., S. 241.
6. — —, 1915, ebenda, 13. Bd., S. 321.
7. JOST, L., 1913, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 3. Aufl. Jena.
8. RÜBEL, E., 1919, Beih. Bot. Zbl. 37/I Bd., S. 1.
9. SACHS, J., 1878, Arb. Würzburg, 2. Bd., S. 148.
10. URSPRUNG, A., 1915, Diese Ber., 33. Bd., S. 112.
11. — —, und BLUM, G., 1916, Diese Ber., 34. Bd., S. 539.

5. Hans Pfeiffer: Über Spaltenbildung und Vorbeigleiten der Bastkörper im unterbrochenen Holzkörper der Bignoniaceen.

(Eingegangen am 28. November 1923. Vorgetragen in der Februarsitzung 1924.)

Die Anomalie des unterbrochenen Holzkörpers (corpus lignosum interruptum) besteht bekanntlich darin, daß von einem bestimmten Stadium der Dickenzunahme an der primäre Cambiumstreifen an gewissen Stellen in der Xylemerzeugung zurückbleibt und desto mehr Phloemelemente bildet. Von dem ähnlich entstanden zu denkenden gelappten Holzkörper (c. l. lobatum) unterscheidet er sich dadurch, daß er nur am Grunde der Furchen und am Außenrande der mit ihnen alternierenden Holzvorsprünge vom cambialen Gewebe begrenzt wird. In den Grenzmarkstrahlen soll sich nach SCHENCK (1893, 219) das charakteristische Vorbeigleiten der wachsenden Schaltstücke auf einem mitten im Markstrahl entstehenden Spalt vollziehen. Die Tatsache der Spaltenbildung in den Grenzmarkstrahlen als Bedingung für das Vorbeigleiten der Holz- und Bastplatten finden wir auch angenommen von METTENIUS (1849, 567, Taf. VIII), CRÜGER (1850), DE BARY (1877, 587), BOWER and SCOTT (1884, 584) und SCHULZ (1884).

Dagegen behauptet HOVELACQUE (1887, 883; 1888a, 4 und besonders 1888b, 60) nach Untersuchung von m. E. nur jungen Stämmen den gänzlichen Mangel oder das nur ausnahmsweise Auftreten von Spalten und tritt statt dessen für die feste Verbindung der Bastplatten an Cambium und Markstrahlzellen sowohl an den Seitenwänden als auch am Grunde der Furchen ein. Beim Vorbeischieben der Platten sollte die Kontinuität der Gewebe durch Streckungen, Teilungen und Schrägstellungen von Zellen aufrechterhalten bleiben. Da sich mir durch die zahlreichen von LUETZELBURG 1910—1922 in Brasilien gesammelten Bignoniaceenstämme eine günstige Gelegenheit zur Nachprüfung bot, konnte ein sicheres Ergebnis erwartet werden[1]).

Dabei stellte sich bald heraus, daß bei der ersten Anlage der Furchen und beim frühesten Zurückbleiben des Furchencambiums der kontinuierliche Zusammenhang zwischen den Geweben auch an den kurzen Seitenflächen der Furchen erhalten bleibt, indem die Zellen der hier gelegenen Grenzmarkstrahlen schräg gestreckt werden und Teilungen eingehen. Besonders ist das so lange der Fall, wie die Innenwinkel der Furchen noch stumpf abgerundet sind. Danach aber zeigten sich in Abweichung von HOVELACQUEs Ergebnissen, bei manchen Arten schon, sobald die Furchen noch kaum 0,22 mm Tiefe erreichten, deutliche Spalten. An den Markstrahlzellen beobachtete man, sofern sie weiter durch Streckung und Teilung mit dem Xylem in Kontinuität blieben, eine starke Verschmälerung, bis der Zusammenhang gelöst wurde und die Spalte auftrat, die Xylem und Phloem schied. Es ist fast nicht einzusehen, wie dem französischen Forscher die durch gebräunte Wände gekennzeichnete Grenze zwischen den beiden Gewebekomplexen entgehen konnte. Man kann das nur so erklären, daß ihm ältere Stämme zur Untersuchung nicht zur Verfügung standen. Besonders auf Querschnitten

1) Es handelt sich bis soweit um die Untersuchung folgender Stämme, deren spezifische Feststellung hier zuerst bekanntgegeben wird:
Arrabidaea conjugata Mart. (LUETZELBURG Nr. 46!),
A. subincana Mart. (L. 37! 65!),
Petastoma formosum Bur. (L. 39! 40!),
P. lachnaeum Miers (L. 42!),
Anemopaegma racemosum Mart. (L. 25!),
Clytostoma callistegioides Bur. (L. 53!),
Cuspidaria pterocarpa DC. (L. 49!),
Pithecoctenium Glaziovii Bur. (L. 16!),
Distictis Mansoana Bur. (L. 20!),
Chasmia sp. Spreng. (L. 47!),
Fridericia speciosa Mart. (L. 50!),
Pyrostegia sp. C. Presl. (L. 38!),
Lundia longa P. DC. (L. 17!),
Phryganocydia corymbosa Bur. (L. 52! 44! 45!),
Pleonotoma tetragonocaulon Miers (L. 41! 54!),
P. sp. (L. 15033!),
Bignoniacee sp. (L. 30! 15031!).

ist die bräunliche Färbung der verwachsenen Zellwände beider Partien an älteren inneren Teilen der Markstrahlen im Holze deutlich zu erkennen Es lassen sich sogar spezifische Unterschiede im Verlaufe der Verwachsungsfläche feststellen. Bei manchen Stämmen verläuft sie nämlich völlig eben, und die Markstrahlen an den Seiten der Bastplatten erscheinen glatt der Länge nach durchschnitten. In gewissen Gattungen scheint die Verwachsungsfläche *konstant uneben zu verlaufen.* Die dünnwandigen Zellen zu beiden Seiten der Grenzmarkstrahlen sind dabei gegen die Fläche vorgewölbt. Daß dem Vorbeigleiten in diesem Falle gewisse Hindernisse und Widerstände entgegenstehen, ist gelegentlich an den Wirkungen des Vorbeischiebens festzustellen. An besonders tief- und schmalgefurchten Holzkörpern werden nämlich die schmalen Phloemplatten in den Furchen gleich Wellen aufgefaltet. Schenck (l. c. 220) vermutet, daß in die Spalten Schleim oder sonst ein flüssiges Sekret abgeschieden wird. Wir fügen hinzu, daß die bräunliche Färbung der verwachsenen Zellwände wohl hauptsächlich auf die spätere Umwandlung dieser Bildungen zurückzuführen sein wird. Wo die Verschiebung zu welliger Verkrümmung der Phloemplatten am Grunde besonders schmaler Furchen geführt hat, hat sich das Abscheidungsprodukt an manchen Stellen mehr als an den übrigen angesammelt und beweist dann an älteren Stämmen durch seine Färbung noch ganz besonders die Richtigkeit unserer Annahme. So können wir an genügend alten Stadien aller Bignoniaceenstämme die Ansichten Schencks nur bestätigen. Die äußere, dem Holzvorsprunge angehörende Hälfte des gespaltenen Markstrahles besteht aus radial gestreckten, verholzten Zellen. Häufiger, als er annahm, bleiben die die Spalten unmittelbar begrenzenden Zellschichten dünnwandig und unverholzt, zeigen also dasselbe Verhalten wie die Zellen der zur Bastplatte gehörenden Hälfte des Markstrahles. Es ist nicht ausgeschlossen, daß Untersuchungen an frisch gefällten Stämmen dieses Resultat noch weiter zu verallgemeinern gestatten. Nach innen aber erzeugt der am Furchengrunde lokalisierte Cambiumstreifen in der Verlängerung der Bastplatten an den Ecken verholzte Markstrahlzellen, die sodann mit der Markstrahlhälfte des Holzvorsprunges in der Verlängerung der Spalten verkleben. Nach meinen Untersuchungen ist also die Tatsache der Spaltenbildung für genügend tiefe und schmale Furchen an Holzkörpern bestätigt. Da aber die ersten Entwicklungsstadien auch ohne Spaltenbildung eine Verschiebung der Holz- und Bastkomplexe gestatten, ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß in seichten Furchen

selbst bei älteren Stämmen, besonders bei Auftreten sehr breiter Begrenzungsmarkstrahlen, die Gewebe unter Schrägstellung, Streckung und Teilung der Markstrahlzellen ihre Kontinuität behalten.

Verzeichnis der angeführten Literatur.

1849. METTENIUS, G., Einige Bemerkungen über den Bau der Bignonieen. Sep.-Abdr. aus Linnaea IX.

1850. CRÜGER, H., Einige Beiträge z. Kenntn. von sogen. anomalen Holzbildungen des Dicotylenstammes. Sep.-Abdr. aus Bot. Zeitg.

1877. DE BARY, A., Vergl. Anatomie d. Vegetationsorg. d. Phanerogamen u. Farne (HOFMEISTERs Handb. d. physiol. Bot. III). Leipzig. 679 Seit.

1884. SCHULZ, P., Anatomische Studien üb. d. anomale Dickenwachstum von *Bignonia*. Flora LXVII, 198—204.

1884. BOWER, F. O., and SCOTT, D. H., Compar. anatomy of the vegetat. organs of the Phanerogams and Ferns. London. 675 Seit.

1887. HOVELACQUE, M., Sur la formation des coins libériens des Bignon., Compt. rend. l'acad. sci. Paris CV, 881—84.

1888a. —, —, Caractères anatomiques généraux de la tige des Bignoniac. Sep.-Abdr. aus Bull. soc. d'étud. scient. de Paris. 7 Seit.

1888b. —, —, Recherches sur l'appareil végétatif des Bignoniacées, Rinanth., Orobanchacées et Utriculariacées. Paris. 765 Seit.

1893. SCHENCK, H., Beiträge z. Anat. d. Lianen (SCHIMPERs Bot. Mitt. aus d. Trop. 5). Jena. 291 Seit.

6. N. Cholodny: Zur Morphologie der Eisenbakterien Gallionella und Spirophyllum.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 30. November 1923. Vorgetragen in der Dezembersitzung.)

Der eigenartige Mikroorganismus, welcher das erste Mal schon von EHRENBERG 1835 beschrieben und *Gallionella ferruginea* benannt worden ist, diente nachher mehrmals als Objekt für mehr oder weniger ausführliche Untersuchungen[1]). Dessenungeachtet bleiben in der Morphologie und Entwicklungsgeschichte von *Gallionella* bis jetzt noch viele dunkle und unaufgeklärte Punkte. Bei näherer Vertrautheit mit der Literatur kommt man sogar zur Einsicht, daß die genannte Eisenbakterie, ebenso wie das derselben nahestehende *Spirophyllum*[2]), in gewissen Beziehungen ein wahres

1) Die Literatur s. bei MOLISCH, Die Eisenbakterien, 1910, S. 22—23.

2) Zum ersten Mal von ELLIS 1907 beschrieben. MOLISCH betrachtet diese Form als eine Varietät von *Gallion. ferruginea* (v. *lata*).

Rätsel darstellt. Erstens ist es auffallend, daß es noch niemandem gelungen ist, bei diesen Eisenbakterien einzelne Zellen zu beobachten: die um ihre eigene Achse oder umeinander schraubenartig gewundenen Fäden und Bänder sind bei ihnen immer ungegliedert. Noch auffallender ist ein anderer Umstand. Die Substanz, aus welcher die Fäden der genannten Eisenbakterien bestehen, besitzt immer einen homogenen, strukturlosen Charakter. Wir würden vergeblich nach irgendwelchen Angaben über Anwesenheit von Protoplasma in diesen Bildungen suchen, welches bekanntlich sogar bei den kleinsten Organismen eine mehr oder weniger deutliche körnige Struktur zeigt. Endlich bemerken einzelne Verfasser[1]), *daß die Fäden von Gallionella sich in Salzsäure* ohne Rest lösen. Protoplasma enthaltende Zellen würden dabei gewiß irgendwelche unter dem Mikroskop sichtbare Spuren hinterlassen.

Wie bekannt, suchten manche Mikrobiologen [z. B. MIGULA[2])] vergeblich nach einer Scheide bei *Gallionella*. Es wäre wohl richtiger, die Bemühungen darauf zu richten, in denselben Fäden Protoplasma zu finden. Es ist der Gedanke naheliegend, daß sämtliche bisher beschriebene Fäden und Bänder von *Gallionella* und *Spirophyllum* eben bloß verlassene, leere Scheiden oder etwas Analoges darstellen. Aber wie soll man dann erklären, daß es noch niemandem gelungen ist, Zellen aufzufinden, deren Lebenstätigkeit wir das Entstehen dieser eigenartigen Bildungen zuschreiben müssen?

Alle diese Erwägungen veranlaßten mich vor einigen Jahren, mich mit dem gründlichen Studium der genannten Eisenbakterien zu beschäftigen. Hier möchte ich die bis jetzt erhaltenen Resultate kurz mitteilen.

Zuerst stellte ich mir die Aufgabe, die Beziehung der *Gallionella*-Fäden zur Salzsäure zu prüfen. Zahlreiche Versuche zeigten mir, daß die Fäden dieser Eisenbakterie (gleich denen von *Spirophyllum*) in Salzsäure wirklich ohne Rest verschwinden. Besonders rasch lösen sich junge, d. h. unlängst entstandene, Fäden: sie verschwinden momentan restlos schon in schwachen Säurelösungen. Falls auf dem Präparat zugleich auch Fäden von *Leptothrix* oder irgendwelche andere Mikroorganismen vorhanden sind, so bleiben deren Zellen nach Behandlung mit Salzsäure selbstverständlich ganz unverändert[3]).

1) S. z. B. bei MOLISCH, Die Eisenbakterien, S. 24, und die Arbeit ADLERs im Cbl. f. Bakt. II. Abt., Bd. 11 (1904), S. 281.

2) MIGULA, System der Bakterien, Bd. II, 1900, S. 1032.

3) ELLIS (Cbl. f. Bakter., II. Abt., Bd. 19, S. 503) bemerkt zwar, daß bei Behandlung der Fäden von *L. ochracea* mit 30 % Salzsäure „nicht nur die

Durch diese Versuchsergebnisse gewann die Vermutung, daß sämtliche unter den Namen *Gallionella* und *Spirophyllum* beschriebene Bildungen bloß Produkte der Lebenstätigkeit irgendwelcher bisher unbekannt gebliebenen Mikroorganismen darstellen, sehr an Wahrscheinlichkeit.

Jetzt galt es die zweite, schwierigere Aufgabe zu lösen, d. h. diese Mikroorganismen aufzufinden und deren Zusammenhang mit den schraubenartig gewundenen Fäden und Bändern zu beweisen. Meine dahin gerichteten Bemühungen blieben lange Zeit erfolglos, und erst im Sommer des Jahres 1923 wurden sie endlich von Erfolg gekrönt.

Das Beobachtungsmaterial nahm ich fast ausschließlich aus einem kleinen Brunnen neben der Biologischen Station am Dnjepr. Das Wasser ist hier sehr eisenreich, klar und kalt (12—13° C während der heißesten Jahreszeit). Ungefähr Anfang Juli erscheinen in ihm große Anhäufungen von Eisenbakterien, unter welchen in beträchtlicher Menge die uns interessierenden Formen vorhanden sind.

Anfänglich nahm ich Proben unmittelbar aus dem Brunnen, indem ich für das Anfertigen von Präparaten die gelbbraunen Flöckchen benutzte, welche in beträchtlicher Anzahl sich auf den Grund des Brunnens niedersetzten, aber später, um ausschließlich über frisch gebildetes Material zu verfügen, ging ich zu einem anderen Verfahren über. Weithalsige Gläser von ungefähr 2—3 Liter Inhalt wurden mit Brunnenwasser gefüllt und dann in einem Keller mit einer beständigen Temperatur von ca. 13—14° C gestellt. Schon nach Verlauf von 10—12 Stunden trübte sich das Wasser merklich wegen der Bildung ebensolcher brauner Flöckchen, wie man sie im Brunnen beobachten konnte.

Die Präparate wurden im Anfang nach der gewöhnlichen Ausstrichmethode angefertigt und mit Gentianaviolett oder Karbolfuchsin gefärbt. Dabei färbten sich die Fäden von *Gallionella* und *Spirophyllum* gleich den Bakterienzellen, aber viel schwächer, indem sie die Farbe in demselben Maße, wie z. B. Scheiden von *Cladothrix dichotoma*, annahmen. Nach dieser Verschiedenheit in der Färbungsintensität könnte man hier leicht leere Fäden von *Gallionella* und *Spirophyllum* von den dieselben produzierenden Mikro-

---

Scheide, *sondern auch der Organismus selbst momentan verschwindet*". Daraus kann man schließen, daß der genannte Verfasser nicht imstande war, lebende *Leptothrix*-Zellen von leeren Scheiden zu unterscheiden, was übrigens auch sein ganzer Artikel bezeugt, welcher ein drastisches Beispiel einer äußerst unvorsichtigen und unkritischen Behandlung des beobachteten Materials darstellt.

organismen unterscheiden. Indessen gelang es mir nicht, auf diese Weise irgendwelche mit den Fäden eng verbundene Zellen zu entdecken.

Ganz erfolglos erwies sich auch eine andere Methode, welche speziell dazu geeignet war, Plasma enthaltende Zellen inmitten leerer Scheiden zu finden. Das Präparat wurde mit K_4FeCy_6 und Salzsäure behandelt, danach sorgfältig in Wasser ausgewaschen und mit J—KJ gefärbt. Dabei erhielten die Scheiden der Eisenbakterien eine intensiv blaue Farbe, dagegen die Zellen in denselben (oder neben denselben) eine komplementäre gelbe oder sogar braune Farbe.

Die Erfolglosigkeit meiner sämtlichen Nachforschungen führte mich zu dem Schluß, daß die Zellen von *Gallionella* und *Spirophyllum* nicht unter den im Wasser schwimmenden oder auf den Grund niedergesetzten Fäden zu suchen sind, sondern an irgendeiner anderen Stelle.

Ihren Aufenthaltsort zu finden half mir eine zufällige Beobachtung. Ich bemerkte, daß der Absatz in den ruhig stehenden Glasgefäßen sich auf dem Boden neben den Gefäßwänden ansammelte. Daraus war nicht schwer der Schluß zu ziehen, daß die zu suchenden Mikroorganismen sich an den Wänden ansiedeln. Um diese Vermutung zu prüfen, benutzte ich folgendes Verfahren. In ein Gefäß mit Brunnenwasser wurden senkrecht einige Deckgläschen gesenkt, welche an einem schwimmenden Kork unbeweglich befestigt waren. Nach einiger Zeit, nachdem auf diesen Gläschen sich eine für das unbewaffnete Auge sichtbare Auflagerung gebildet hatte (gewöhnlich nach 24—48 Stunden), wurden sie vorsichtig aus dem Wasser herausgenommen und an der Luft getrocknet. Dann wurde die eine Seite sauber gereinigt, die andere fixiert und gefärbt. Auf solchen Gläschen, welche gewissermaßen für einen Teil der Glaswand mit sämtlicher dieselbe bedeckenden Mikroflora gelten konnten, glückte es mir endlich, die mich interessierenden Mikroorganismen in unverletztem Zustand zu finden.

Es zeigte sich, daß diese an verschiedenen Stellen des Präparates leicht zu beobachtenden Mikroorganismen mit gemeinen Fadenbakterien nichts zu tun haben. Es genügt auf die Abb. 1 und 2 einen Blick zu werfen, um sich eine Vorstellung von deren Struktur zu bilden. Es liegt vor uns ein schönes dichotomisch verzweigtes Bäumchen. Das Stämmchen und die Äste dieses Bäumchens bestehen aus schraubenartig gewundenen Bändern. Die Bildungen, welche von ELLIS unter dem Namen *Spirophyllum* be-

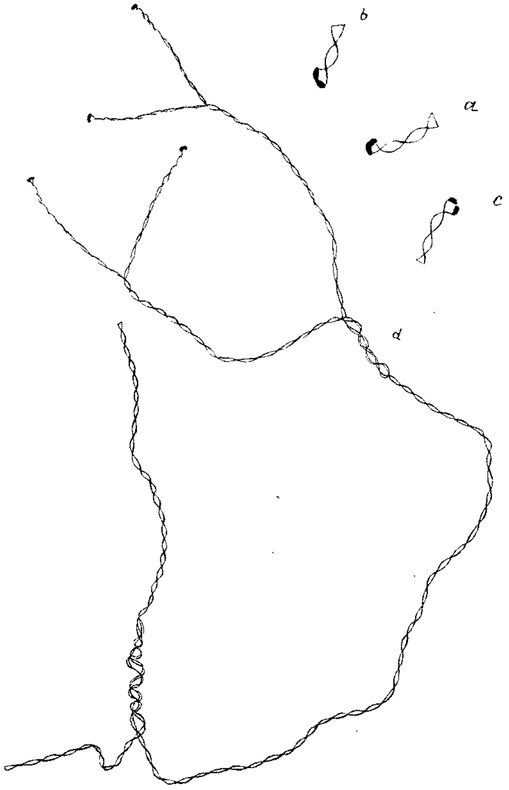


Abb. 1. Links — Teil (ca 1/4) eines dichotomisch verzweigten Bäumchens von *Gallionella ferruginea*. Nach einem Deckgläschenpräparat, welches 48 St. in Wasser verblieb. Vergr. 1000 (Apochr. 2 mm, Oc. c. 6). Rechts oben: a — eine alte nierenförmige Zelle, b — Anfang der Teilung, c — zwei junge Zellen, soeben durch Teilung entstanden. Die Figg. a, b und c sind bei einer Vergrößerung von 2400 Mal gezeichnet (Apochr. 2 mm, Oc. c. 12).

schrieben wurden, stellen augenscheinlich nichts anderes als Bruchstücke solcher Bänder dar. Am Ende jedes Zweiges befinden sich je eine oder zwei Zellen. Anderswo auf dem ganzen Bäumchen gibt es keine Zellen.

Der Form und Größe nach sind die Zellen nicht überall gleich. Diejenigen davon, welche einzeln sitzen, zeichnen sich durch größere Dimensionen ($1{,}2 \times 0{,}5\ \mu$) aus und besitzen ein nieren- oder bohnenförmiges Aussehen (Abb. 1). Mit ihrer konkaven Seite sind sie immer dem Stamm zugekehrt, mit der konvexen nach außen orientiert. Das sind offenbar alte Zellen, in einem der Teilung vorangehenden Stadium. Die paarweise sitzenden Zellen sind ca. zwei Mal kleiner und nähern sich, ihrer Form nach, den Kokken oder Kokkobazillen (Abb. 2, a). Sie entstehen aus den größeren nierenförmigen Zellen durch Teilung. Es ist nicht schwer, auch den Teilungsvorgang selbst (s. Abb. 1, b und c) zu beobachten. Jede von den Tochterzellen gibt einem neuen selbständigen Ast den Ursprung.

Äste, welche einer und derselben Gabelung angehören und von zwei benachbarten Tochterzellen gebaut sind, sind an ihrer Basis oft umeinander gewunden, indem sie jene doppelten Schlingen („Zöpfe") bilden, welche sowohl bei *Gallionella* als auch bei *Spirophyllum* beschrieben worden sind (s. Abb. 1, d). Es ist klar, daß das eine sekundäre Erscheinung ist, durch Nebenursachen hervorgerufen, wie zufällige Strömungen in der umgebenden Flüssigkeit u. dgl.

Die Zellen färben sich viel intensiver als die dieselben tragenden Stämmchen. Besonders auffällig treten sie durch ihre gelbe Farbe hervor, wenn das Präparat nach der oben angezeigten Methode aufeinanderfolgend mit K_4FeCy_6, HCl und J+KJ bearbeitet ist. Leider ist es mittels dieser Methode unmöglich Dauerpräparate herzustellen.

Bei der Untersuchung in vivo ist es mir nicht gelungen, bei den von mir aufgefundenen Bakterien irgendwelche Bewegungen zu beobachten. Selbstverständlich ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß sie sich bewegen können, wenn sie mit den Stämmchen nicht verbunden sind. Sie trennen sich sehr leicht ab, und auf jedem Präparat kann man Bäumchen sehen, bei welchen Zellen an einigen oder sogar an sämtlichen Ästen fehlen.

Bis jetzt sprach ich von *Gallionella* und *Spirophyllum* als von selbständigen Arten. Indessen halte ich es auf Grund des Studiums meiner Präparate für möglich, daß die Fäden und Bänder, welche unter den obigen Bezeichnungen beschrieben wurden, einem

und demselben Mikroorganismus angehören können, indem sie ein Produkt der Lebenstätigkeit seiner Zellen auf verschiedenen Entwicklungsstadien und bei verschiedenen äußeren Bedingungen darstellen.

Übrigens, falls diese Vermutung der Wirklichkeit auch nicht entspricht, ist es doch klar, daß wir einzelne Arten in dieser Bak-

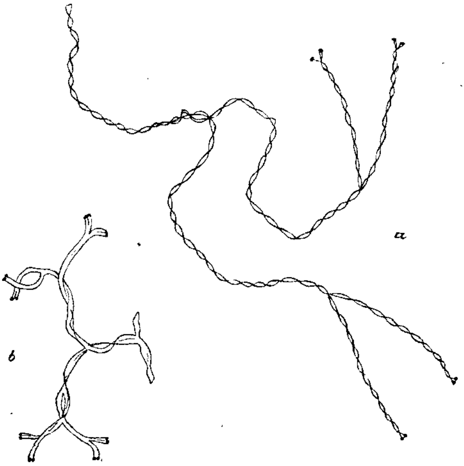


Abb. 2. a — *Gall. ferruginea.* Sämtliche Äste enden mit jungen, unlängst gebildeten Zellen. Vergr. 1000. b — *Gall. minor.* Vergr. 1000

teriengruppe jetzt nicht nach dem äußeren Aussehen der Bruchstücke ihrer Stämmchen, sondern nach der Gesamtheit der Merkmale unterscheiden müssen, welche an dem unverletzten Organismus zu beobachten sind. Für die oben beschriebene Form schlage ich vor, die Bezeichnung zu bewahren, welche von EHRENBERG eingeführt worden ist, nämlich *Gallionella ferruginea.* Neue Mikroorganismen, welche nach demselben Plan gebaut sind, können zu anderen Arten dieser Gattung gestellt werden. Solche ungenügend begründete Gattungsnamen, wie *Spirophyllum*, *Nodofolium* u. dgl., muß man als abgeschafft betrachten.

Gleichzeitig mit der beschriebenen Form traf ich auf meinen Präparaten ziemlich oft auch eine andere nach demselben Typus gebaute, die aber zweifelsohne eine selbständige Art darstellte. Diese Form, welche ich als *Gallionella minor* bezeichne, ist auf der Abb. 2, b, dargestellt. Wie wir sehen, unterscheidet sie sich von *Gall. ferruginea* durch geringere Dimensionen des ganzen Bäumchens und durch etwas abweichende Struktur der einzelnen Äste. Die schraubenartigen Windungen sind hier nicht so regelmäßig und zahlreich wie bei der ersten Form. Die Substanz, aus welcher das Bäumchen besteht, ist stärker lichtbrechend und schlecht färbbar, dadurch bewahrt sie meistens auf den gefärbten Präparaten ihre natürliche gelbe Farbe. Die Zellen sind gewöhnlich paarweise, wie Diplokokken, an den Enden der Äste geordnet. Solche ausgesprochen nierenartige Formen, wie bei *Gall. ferruginea,* sind hier nicht vorhanden. Eine paarweise Verteilung der Zellen äußert sich auch in dem Bau der Stämmchen: in deren mittlerem Teil wird manchmal eine Längsrinne beobachtet. Die Verbindung der Zellen mit der Substanz der Stämmchen ist fester als bei *Gall. ferruginea.* Bei *Gall. minor* gelang es mir gar nicht, Zellen zu beobachten, welche sich von den Ästen abgetrennt hatten. Es ist charakteristisch, daß der Stamm und die Äste des Bäumchens sich oft mit unregelmäßig geformten Auswüchsen bedecken, welche ihre ursprüngliche Gestalt ganz maskieren.

Beide beschriebene Formen bieten, wie mir scheint, ein großes Interesse von verschiedenen Gesichtspunkten aus dar. Erstens begegnen wir hier zum ersten Mal echten koloniebildenden Bakterien, welche, gleich manchen Flagellaten (z. B. *Cladomonas, Anthophysa*) einen Familienstock bilden, auf dessen Verzweigungen einzelne Individuen sitzen. Es ist interessant, daß bei den genannten Protisten die Grundsubstanz ihrer Kolonien ebenfalls hauptsächlich aus Eisenhydroxyd besteht. Ob wir es hier mit einer zufälligen durch gleiche äußere Bedingungen hervorgerufenen Konvergenz zu tun haben, oder ob wir eine tiefere auf einer Verwandtschaft dieser sämtlichen Formen begründete Ähnlichkeit vor uns haben, ist selbstverständlich schwer zu entscheiden.

Zugunsten des eventuellen genetischen Zusammenhanges scheint mir ein anderer interessanter Umstand zu sprechen. Die Zellen von *Gallionella* besitzen gleich den Zellen der genannten Flagellaten eine deutliche morphologische und physiologische Polarität. Morphologisch äußert sich diese Polarität in der eigenartigen Form des Körpers, welcher eine vordere konvexe und eine hintere konkave Seite besitzt. Für eine physiologische Polarität spricht schon die Tatsache, daß nur die Hinterseite der Zelle die

Fähigkeit besitzt, Eisenhydroxyd abzusondern, wogegen die vordere scheinbar nur dazu bestimmt ist, aus dem Wasser Eisenoxydulverbindungen und Sauerstoff zu resorbieren. Daraus ist ersichtlich, wie kompliziert der Zellenmechanismus sogar bei solchen kleinsten Lebewesen ist. Für diese Kompliziertheit spricht auch die eigenartige Struktur des von der Zelle ausgeschiedenen kolloidalen Materials, welches von Anfang an die Form eines schraubenartig gewundenen Bandes annimmt.

Gallionella ferruginea ist endlich noch in einer Beziehung interessant. Wir haben vor uns einige kleinste Zellen und zugleich Produkte ihrer chemischen Arbeit in Form abgelagerten Eisenoxydhydrats. Es genügt auf die Abb. 1 einen Blick zu werfen, um eine augenfällige Vorstellung von der Leistungsfähigkeit dieser mikroskopischen Laboratorien zu gewinnen. Die Abbildung stellt nur einen kleinen Teil (ungefähr $^1/_4$) des ganzen Bäumchens dar, welches auf dem Gläschen während weniger als 2 Tagen gewachsen ist. Wenn wir annehmen, daß dieser Teil der Kolonie sich im Laufe von 10—12 Stunden gebildet hat, so ist es nicht schwer zu berechnen, daß die mittlere Länge des Bandes, welches eine Zelle imstande ist während eines Tages abzulegen, die Länge der Zelle selbst um einige hundert Mal übertrifft.

Zusammenfassung.

1. Sämtliche Bildungen, welche von verschiedenen Verfassern unter den Bezeichnungen *Gallionella*, *Spirophyllum* u. dgl. beschrieben worden sind, bestehen ausschließlich aus in Salzsäure löslichen Eisenoxydverbindungen, enthalten nie Protoplasma und stellen bloß Produkte der Lebenstätigkeit von Mikroorganismen dar, deren Zellen bislang von niemandem beobachtet wurden.

2. *Gallionella ferruginea* in unverletztem Zustand hat die Form eines dichotomisch verzweigten Bäumchens, dessen einzelne Teile eine beträchtliche Länge erreichen und aus schraubenartig gewundenen Bändern bestehen. An den Enden der Äste dieses Bäumchens befinden sich Zellen. Sie sitzen hier entweder einzeln und haben in diesem Fall eine nierenartige Form ($1{,}2 \times 0{,}5\ \mu$), oder zu zwei und sind dann mehr oder weniger kokkenförmig ($0{,}6 \times 0{,}5\ \mu$). Erstere stellen ein erwachsenes Stadium dar, letztere ein junges, welches aus den nierenförmigen Zellen durch Teilnng entsteht. Bald nach der Teilung fangen die Zellen an sich voneinander zu trennen, und jede von ihnen erzeugt einen neuen selbstständigen Ast.

3. *Gallionella minor* ist nach demselben Typus gebaut, unterscheidet sich aber durch geringere Dimensionen des Bäumchens, durch einen etwas abweichenden Bau der Äste und einige andere nebensächliche Merkmale.

4. Beide Formen erinnern dem allgemeinen Bauplan nach an gewisse Flagellaten. Ihre Zellen charakterisieren sich durch eine mehr oder weniger scharf ausgeprägte morphologische und physiologische Polarität.

Kiew, Biologische Station am Dnjepr.

---

7. Leonid Iwanoff: Über die Transpiration der Holzgewächse im Winter. I.

(Eingegangen am 20. Dezember 1923. Vorgetragen in der Januarsitzung 1924.)

Die Hinweise in der Literatur auf die Transpiration der Holzgewächse im Winter beschränken sich nur auf die fragmentarischen Beobachtungen von THEODOR und ROBERT HARTIG, BURGERSTEIN, WIESNER u. PACHER und KUSANO[1]). Aus diesen Beobachtungen kann man nur den Schluß ziehen, daß die Transpiration im milden Winter Mitteleuropas und Japans nicht aufhört. Aber wie groß dieselbe bei den verschiedenen Holzgewächsen im harten Winter Nordeuropas ist, darüber wissen wir bis jetzt fast gar nichts. Diese Kenntnis zu erweitern soll die Aufgabe dieser Arbeit sein[2]).

Um sich in der Frage, wie hoch die relativen Werte der Transpiration im Winter bei den verschiedenen Holzgewächsen sind, zu orientieren, wurde die Transpiration bei 60 Arten der wildwachsenden und kultivierten Holzgewächse in dem dendrologischen Garten des Petrograder Forstinstituts erforscht. Dazu wurden einjährige Triebe abgeschnitten und sofort in einen hellen, kalten Raum übertragen, wo die Schnittfläche mit geschmolzenem Wachse überzogen und darauf die Wägung vollzogen wurde. Alsdann wurden die Zweige mit entsprechenden Bezeichnungen frei auf den Tisch gelegt, und zwar so, daß ihre oberen Enden auf kleine Stützen kamen, um eine unmittelbare Berührung der Zweige mit der Oberfläche des Tisches zu verhindern. Von jeder Holzart wurden in einer Serie nicht weniger (gewöhnlich mehr) als zwei Zweige untersucht. Obgleich die Schwankungen der

---

1) S. BURGERSTEIN, Die Transpiration der Pflanzen. 1904.

2) Die vorstehenden Untersuchungen wurden unter Mitwirkung der Forstabteilung des Reichsinstituts für experimentelle Agronomie ausgeführt.

Temperatur und der Feuchtigkeit während der Versuchszeit (Januar—März) in dem erwähnten Raum nicht zu bedeutend waren (3°—6° C in 1919 und 2°—3,5° C in 1920), fügte man doch einer größeren Vergleichbarkeit der verschiedenzeitig aufgestellten Versuche wegen jeder Serie immer ein paar Lärchenzweige hinzu. Die Transpiration von *Larix* ist gewöhnlich die minimalste, und deshalb wurde diese Holzart bei weiteren Berechnungen als Grundeinheit angenommen. In meiner weiteren Darstellung bezeichne ich das Verhältnis der Transpiration der Versuchspflanzen zu derjenigen der Lärche bedingungsweise als die relative Transpiration. Die Wägung der Zweige wurde in einer und derselben Weise sogleich nach dem Abschneiden und später noch nach 1—2 Tagen ausgeführt und in Fällen sehr langsamer Transpiration nach derselben Frist nochmals wiederholt. Der Gewichtsverlust wurde auf die Oberfläche der Zweige berechnet; die letztere wurde durch die Messung der Länge und des mittleren Durchmessers eines jeden Internodiums unter der Annahme, daß es eine zylindrische Form habe, bestimmt. Beim Vergleichen muß man darauf achten, daß die gefundene Differenz der Transpiration nicht nur durch verschiedene Verdunstungsstärke der Zweigoberfläche selbst, sondern auch durch die auf denselben befindlichen Knospen- und Blattspuren verursacht ist. Eine weitergehende Analyse mit der Bestimmung, was bei dieser Transpiration auf den Anteil der Zweigoberfläche und was auf den der Knospen und Blattspuren entfällt, wird die Aufgabe der künftigen Untersuchung sein. Der Wassergehalt der Zweige, durch Austrocknen bis zum lufttrockenen Zustande bestimmt, wurde auf das Frischgewicht und die Zweigoberfläche berechnet.

Die Versuche, welche im Winter 1919 und 1920 angestellt wurden, zeigten sofort, daß, um vergleichbare Resultate zu bekommen, einige Bedingungen ins Auge gefaßt werden müssen. Bei einer und derselben Holzart transpirieren gut entwickelte Langtriebe viel weniger als die Kurztriebe mit schwachem Wachstum. Die relative Transpiration (auf *Larix* bezogen) beider Triebarten kann folgendermaßen ausgedrückt werden:

	Triebe mit langen Internodien	Triebe mit kurzen Internodien
Acer Pseudoplatanus	1,6	4
Populus nigra	1,1	6,3
„ *tremula*	1,86	5,84
Rhamnus frangula	2,46	6,43

Die Ursache dieser Differenz hängt wahrscheinlich teilweise von der Transpiration der Knospen und Blattspuren ab, deren Anzahl auf der Einheit der Oberfläche bei den Kurztrieben viel größer als bei den Langtrieben ist. Diese Tatsache muß man immer bei der Auswahl des vergleichenden Materials berücksichtigen. Außerdem müssen wir auch das Alter des Zweiges ins Auge fassen. Die einjährigen Triebe transpirieren stärker als die zweijährigen, welche offenbar besser gegen Austrocknung geschützt sind[1]).

	Triebe	
	einjährige	zweijährige
Aesculus glabra	4,59	2,46
Juglans cinerea	6,53	4,25

Um den Einfluß des anatomischen Baues zu beseitigen, habe ich mir Mühe gegeben, so weit es möglich war, die Triebe nur von der Lichtseite und von gut beleuchteten Exemplaren zu entnehmen. Das mit obenerwähnten Vorsichtsmaßregeln ausgewählte und untersuchte Material gab folgende Resultate: Wenn man verschiedene Arten von einer und derselben Gattung miteinander vergleicht, so bemerkt man, daß in den meisten Fällen südlichere Arten stärker als nördlichere transpirieren. (Siehe Tabelle I.)

Tabelle I.

Acer	*platanoides*	1,45	*Betula*	*humilis*	0,77
	pseudoplatanus	1,60		*pubescens*	2,09
	campestris	2,53		*verrucosa*	2,41
	tataricum	2,68	*Tilia*	*intermedia?*	3,04
Salix	*caprea*	0,95		*cordata*	4,40
	lapponum	1,29		*plathyphyllos*	4,91
	purpurea	1,93	*Ulmus*	*effusa*	1,94
	viminalis	2,32		*campestris*	3,01
	repens	2,47		*montana*	3,48
	alba	2,97		*elliptica*	3,91

In der Tabelle I sind die erforschten Arten von verschiedenen Gattungen ihrer relativen Transpiration nach geordnet, und es ist deutlich zu sehen, daß bei *Acer*, *Betula*, *Salix*, *Tilia*, *Ulmus* jede Reihe mit den nördlicheren Arten anfängt und mit südlicheren

1) Die Triebe des Wurzelausschusses zeigen dagegen keine bemerkbare Abweichung von den gewöhnlichen Langtrieben.

	Sprosse	
	gewöhnliche	von Wurzeltrieben
Acer tataricum	2,68	2,74
Tilia intermedia	3,04	3,09

endet. Dasselbe findet man auch bei den Gattungen, bei denen nur 2 Arten erforscht wurden. Die nördlicheren, *Alnus incana, Cornus sibirica, Rhamnus frangula, Sambucus racemosa,* transpirieren schwächer als die südlicheren, *A. glutinosa, Corn. australis, Rh. cathartica* und *Samb. nigra.* Eine Ausnahme von der allgemeinen Regel bilden nur die Gattungen *Lonicera, Populus* und *Viburnum*, aber gerade bei den Arten dieser Gattungen war es nicht möglich, die Abstammung festzustellen (*Pop. nigra, suaveolens*), oder man war genötigt, schlecht beleuchtete Exemplare zu nehmen (*v. Opulus*). Infolgedessen kann es auch möglich sein, daß diese Ausnahmen bei entsprechenderem Materiale die allgemeine Regel bestätigen würden.

Dasselbe, wenn auch nicht so deutlich, kann man auch beim Vergleich der Arten verschiedener Gattungen konstatieren. Aus der Tabelle II, in welcher alle erforschten Arten ihrer zunehmenden Größe der relativen Transpiration (Mittelwerte von 2—10 Serien) nach angeordnet sind, kann man sehen, daß am Anfang der Reihe (Transpirationswerte von 0,77—2,09) vorwiegend die nördlichen Arten und am Ende von *Acer tataricum* an mit wenigen Ausnahmen die südlichen Arten stehen.

In der ersten Gruppe scheint die niedrige Transpiration bei *Lonicera orientalis, Populus nigra, Larix leptolepis, Acer pseudoplatanus* und *Syringa vulgaris* nicht mit ihrer Verbreitung nach Norden übereinzustimmen. Von den zwei ersten Arten wurde schon oben angegeben, daß die Abweichungen bei ihnen auch durch den Mangel des entsprechenden Materials hervorgerufen sein könnten. Die japanische Lärche und der Bergahorn dringen fast bis zur Kältegrenze des Waldes in höheren Bergregionen vor. Was *Syringa* anbetrifft, so kann es möglich sein, daß wir in ihr eine lang und weit nach Norden kultivierte und gänzlich akklimatisierte Art haben, die als örtliche Rasse die Fähigkeit zur starken Transpiration schon ganz verloren hat. In der südlichen Gruppe von 22 Arten machen nur *Prunus padus* und *Viburnum opulus* eine Ausnahme. Bei *Viburnum* kann man wiederum (s. oben) eine Erklärung in dem nicht entsprechenden Materiale suchen; was aber *Prunus padus* anbetrifft, so ist es möglich, daß hier der Umstand eine Rolle spielt, daß er im Norden nur als Unterbau, welcher von dem Hauptbestande bedeckt ist, wächst. Jedenfalls verdienen diese Ausnahmen eine weitere Erforschung. Was die mittlere Gruppe anbetrifft (Transpirationswerte von 2,1 bis 2,65), so zeichnet sich dieselbe, *Sorbus Aucuparia* ausgenommen, durch Abwesenheit der Arten mit einer bestimmt nördlichen oder südlichen Verbreitung aus, d. h. sie nimmt

Tabelle II.

Name	Relative Transpiration	Wassergehalt in % d. Frischgewichts	Wassergehalt auf 1 cm² der Oberfläche
Betula humilis Schrank	0,77	31,21	0,009
Lonicera orientalis Lam.	0,93		
Salix caprea L.	0,95		
Larix dahurica Turcz.	0,99	51,12	0,027
Larix europaea DC.	1,00		
Larix kurilensis Mayr.	1,08	46,58	0,033
Larix leptolepis Murr.	1,08	52,92	0,043
Larix sibirica Ledb.	1,09	48,34	0,030
Populus nigra L.	1,11		
Salix lapponum L.	1,29		
Lonicera xylosteum L.	1,34		
Acer platanoides L.	1,45	48,15	0,056
Syringa vulgaris L.	1,50		
Acer pseudoplatanus L	1,60	48,11	0,060
Alnus incana Willd.	1,86	47,96	0,037
Populus tremula L.	1,86	42,86	0,046
Salix purpurea L.	1,93		
Ulmus effusa Willd.	1,94	48,17	0,032
Viburnum sargenti Koehne	2,00	48,20	0,040
Lonicera coerulea L.	2,02		
Populus suaveolens Fisch.	2,07	54,85	0,097
Betula pubescens Ehrh	2,09		
Fraxinus excelsior L.	2,10	35,97	0,045
Salix viminalis L.	2,32		
Sambucus racemosa L.	2.36	64,10	0,084
Betula verrucosa Ehrh.	2,41	42,36	0,022
Aesculus hippocastanum L.	2,46	52,49	0,079
Rhamnus frangula L.	2,46	48,42	0,023
Cornus sibirica Lodd.	2,47	46,99	0,031
Salix repens L.	2,47		
Acer campestris L.	2,53	46.62	0,035
Alnus glutinosa Gaertn.	2,59	46,34	0,036
Rhamnus cathartica L	2,60	42,29	0,025
Sorbus aucuparia L.	2,65		
Acer tataricum L.	2,68	47,70	0,047
Fagus silvatica L.	2,91	42,23	0,032
Salix alba L.	2,97		
Ulmus campestris L.	3,01	42,57	0,029
Cornus australis C. A. Mey	3,03	45,01	0,023
Tilia intermedia DC ?	3,04	50,87	0,048
Quercus ambigua Mchx.	3,28	45,14	0.063
Quercus pedunculata Ehrh.	3,38	54,63	0,048
Prunus padus L.	3,44	53,25	0,045
Ulmus montana Sm.	3,48	50,03	0,047
Corylus avellana L.	3,61	46,06	0,035
Ulmus elliptica C Koch	3,96	41,25	0,024
Tilia cordata, Mill.	4,40	47,36	0,043
Sambucus nigra L.	4,49	56,80	0,042
Carpinus betulus L	4,58	42,17	0,030
Aesculus glabra Willd.	4,59	62,50	0,084
Viburnum lantana L.	4,83	48,17	0,049
Tilia platyphyllos Scop.	4,91	55,13	0,052
Viburnum opulus L.	5,60	46,91	0,029
Phellodendron amurense Rupr.	5,73	40,29	0,035
Juglans cinerea L.	6,55	42,78	0,050
Evonymus europaea L.	8,76	58,67	0,046

auch geographisch eine Mittelstellung zwischen beiden Endgruppen ein, wie sie auch dieselbe in der Wintertranspiration eingenommen hat. In der zweiten und dritten Kolumne der Tabelle sind die Größen des Wassergehalts in Prozenten des Frischgewichts und auf die Einheit der Oberfläche des Zweiges bezogen angeführt. Diese Größen wurden nur im ersten Versuchsjahre (1919) bestimmt, da man anfänglich erwartete, daß eine schwache Transpiration

der nördlicheren frostharten Arten mit dem geringen Wassergehalt in Zusammenhang stehen würde. Aber schon bald konnte man erkennen, daß irgendwelchen Zusammenhang des Wassergehalts mit Transpiration und geographischer Verbreitung nach Norden aufzufinden nicht gelingen würde. Es wurde z. B. erwiesen, daß *Larix* einen größeren Wassergehalt, als solche südliche Gattungen wie *Fraxinus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Phellodendron*, *Juglans*, hat, und daß Arten mit gleichem Wassergehalt bezüglich der Verbreitung und Transpiration sehr weit voneinander stehen.

Der bei vielen Holzarten konstatierte Zusammenhang zwischen schwacher Transpiration und weiterer Verbreitung nach Norden zeigt, daß die Frostbeschädigungen, welche die Holzgewächse in ihrer Verbreitung nach Norden aufhalten, hauptsächlich in die Kategorie der Vertrocknungserscheinungen durch gehinderte Wasserbewegung gehören.

Botanisches Kabinett d. Forstinstitutes in St. Petersburg.

---

8. Georg Eberle: Früchte und Keimpflanzen von Amorphophallus bulbifer.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 21. Dezember 1923. Vorgetragen in der Januarsitzung 1924.)

I.

Im Winter 1920/21 wurde zum ersten Male im Gewächshaus des botanischen Instituts der landwirtschaftlichen Hochschule zu Bonn die Reife eines Fruchtkolbens von *Amorphophallus bulbifer* Blume bei einer anfangs April verblühten Pflanze beobachtet. Im Verlaufe der Untersuchung dieser Erscheinung kam mir auch das reiche Araceenmaterial des botanischen Gartens der Universität sehr zu statten. Materialbereicherung verdankte ich bei Besuchen den botanischen Gärten von Darmstadt, Frankfurt a. M., Marburg, Köln und Münster.

Im Hinblick auf die bei *Am. bulb.* festgestellten Verhältnisse kamen in frischem Zustande reife Früchte und Samen von *Sauromatum guttatum* Schott var. *venosum* Engler, *Arum maculatum* L., *Caladium spec.*, *Colocasia spec.*, *Aglaonema spec.*, *Peltandra virginica* Rafin., *Calla palustris* L., *Anthurium spec.* zur Untersuchung. Die

wertvollsten Vergleichspunkte ergab Alkoholmaterial des Berliner botanischen Museums, das mir außer Samen von *Anchomanes difformis* (Blume) Engler, Früchte von *Am. Preussii* N. E. Brown und *Schweinfurthii* N. E. Brown zur Verfügung stellte. Von *Zamioculcas zamiifolia* (Lodd.) Engler reiften erst nach meinem Weggange von Bonn die nach einer künstlichen Befruchtung erzielten Früchte.

In den Gewächshäusern von Bonn war, wie meine Erkundigungen ergaben, bis dahin niemals ein fruchtender *Am. bulb.* beobachtet worden. Wie mir die in der Literatur vorhandenen Angaben und viele mündliche und schriftliche Mitteilungen bestätigten, ist man in Gärtnerkreisen gewöhnt, die Infloreszenzen dieser großen Aracee nach ihrer Entfaltung absterben zu sehen. Nach meinen Erfahrungen möchte ich hier zuerst auf die Gefährlichkeit von Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen aufmerksam machen. Durch sie scheiterten die wiederholten Bemühungen, von den noch empfindlicheren Kolben des *Am. Rivieri* Durieu Früchte zu erhalten. An den meist im Winter erblühten Pflanzen sanken Spadix und Stiel auch bei sorgfältigster Behandlung der immer einmal auftretenden Fäulnisstellen um. Im Sommer 1922 konnte ich an einem von drei in dem Kakteenhaus trocken untergebrachten Kolben nach künstlicher Befruchtung sich entwickelnde Fruchtknoten erzielen. Unglücklicherweise erfolgte die Entwicklung derselben stark einseitig; die mit den verschrumpfenden Fruchtknoten bedeckte welkende Kolbenseite war schließlich doch der Ausgangspunkt einer das ganze interessante Ereignis zerstörenden Fäulnis.

Fruchtstand und Früchte von *Amorphophallus bulbifer*.

In prachtvollem dunklem Korallenrot prangten die Beeren des *Am. bulb.* um Weihnachten, früher oder später, je nach der Temperatur des Ortes, an dem der Fruchtkolben aufgestellt war. Im Januar fingen die Beeren an zu welken. Zur Reifezeit saßen die prall sich gegenseitig drängenden Früchte in flachen Vertiefungen um die angeschwollene Kolbenachse. Einen so regelmäßig entwickelten Fruchtstand wie den nach einer photographischen Aufnahme zur Abbildung gelangten vom Winter 1920 erhielt ich nur einmal (Abb. 1 a).

Die Beere ist in der Regel von länglicher Eiform; häufig tritt nach der Anheftungsstelle zu eine Vergrößerung des Beerenumfanges ein. An dem Gipfel der Beere fällt zur Zeit der Reife zuerst der schwarze Rest der vertrockneten Narbenteile des Fruchtknotens auf. Im nächsten Bereich dieses Restes nimmt man einen

von dem übrigen Beerenkörper etwas abgesetzten Ring wahr, der sich in der Farbe kaum noch von dem übrigen Rot der Beere unterscheidet.

Der Inhalt der Früchte von *Amorphophallus bulbifer.*

Aus den reifen Früchten ließen sich leicht die an ihrer Oberfläche braungrauen „Inhaltskörper" herausdrücken. Ich vermeide hier mit Absicht die Bezeichnung Samen und wähle einen ganz

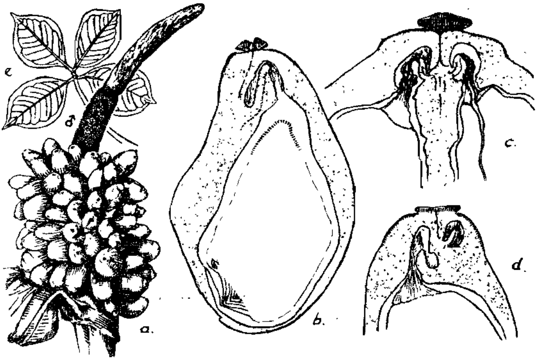


Abb. 1. *Amorphophallus bulbifer.* a, Kolben mit reifen Beeren; ♂, der vertrocknete männliche Teil des Spadix. ½ nat. Gr. — b, fast reife Frucht im Längsschnitt. $^{3}/_{1}$ nat. Gr. — c, Gipfelpartie aus dem Längsschnitt einer drei Inhaltskörper enthaltenden, d, einer ein taubes Fach aufweisenden Beere. $^{3}/_{1}$ nat. Gr. — e, das erste Blättchen einer Keimpflanze. ¼ nat. Gr.

neutralen Ausdruck, da Zweifel über die Entwicklungsgeschichte derselben bestehen. An dem in der Beere nach dem Gipfel gerichteten schlankeren Ende des Inhaltskörpers findet man eine meist dunkel gefärbte Vertiefung, aus der bräunliche Gewebereste herausragen. In regelmäßig entwickelten Früchten findet man an dem der Ansatzstelle zugewandten Ende des Inhaltskörpers eine hellere, unbestimmt umschriebene Stelle; hier liegt die Knospe desselben. Diese ist zunächst von einer leicht abzuhebenden Haube überdeckt, die aus den gleichen spiralig verdickten Elementen besteht, wie sie außerhalb einer Korkhülle den ganzen Inhaltskörper umkleiden. Morphologisch ist diese Kappe ein Teil der Knospe:

zwei einander ziemlich genau gegenüberliegende Niederblätter sind mit ihren übereinanderliegenden Rändern zu einem einheitlich erscheinenden Gebilde verklebt. Nach seiner Entfernung findet man neben einer großen Knospe zwei kleinere, die Achselknospen der als Kappe entfernten beiden äußersten Blattorgane (Abb. 2 a, S. 55).

Die innere Beschaffenheit der Früchte von *Amorphophallus bulbifer*.

Ein medianer Längsschnitt durch die Beere, der nach Orientierung an vorsichtig abgetragenen gipfelständigen Schnitten geführt wird, ergibt ein Bild wie es Figur 1 b zeigt. In einem nach dem Gipfel der Beere zu dicker werdenden orangeroten Fleisch liegt, von einem starken dunklen Kontur eingefaßt, die gelblichweiße Gewebemasse des Inhaltskörpers. Diese dunkle Linie kommt durch die den Inhaltskörper rings überziehende durchschnittlich 10 Zellen hohe Korkschicht zustande. Diese grenzt nicht unmittelbar an die Zellen des Fruchtfleisches an; noch zum Inhaltskörper gehörend liegt eine Schicht merkwürdig spiralig verdickter Elemente dazwischen, die sich mit Gentianaviolett und Phloroglucin-Salzsäure intensiv färben. Sie sind es, die den grauen Ton der frisch den Beeren entnommenen Inhaltskörper verursachen. In besonders dicker Lage setzen sie die die Knospe überdeckende Niederblattkappe zusammen. Nach dem Gipfel der Beere zu verjüngt sich der Inhaltskörper und geht in einen Anhang über, der mit einer zur Zeit der Beerenreife nicht weiter zu unterscheidenden Zellmasse in Verbindung steht. Weiter nach dem Gipfel der Beere zu findet man den vergrößerten Stiel der Samenanlage.

Leicht sind an ihrer dickeren unregelmäßigeren Form die Beeren zu erkennen, die mehrere Inhaltskörper bergen. Nicht selten sind zwei, weniger häufig drei, selten vier vorhanden. In welcher Beziehung die Mehrzahl von Inhaltskörpern zu der Zahl der Fruchtknotenfächer und Samenanlagen eines Fruchtknotens steht, zeigen Querschnitte. So sieht man z. B. in einem Präparate zwei Inhaltskörper durch eine Lage von Fleischzellen getrennt, in einem anderen berühren sie sich mit ihren eigenen äußeren Elementen (Abb. 2 g, S. 55). In Beeren, die drei Inhaltskörper enthalten, findet man meistens einen einzelnen durch Beerenfleisch von den beiden anderen, sich unmittelbar berührenden getrennt (Abb. 1 c). Auf Längsschnitten erkennt man, daß in den Fällen, wo zwei unmittelbar zusammenliegende Inhaltskörper vorhanden sind, diese aus einem Fache mit einer einzigen Samenanlage ihren Ursprung nehmen (Abb. 1 c). Diese Erscheinung von Polyembryonie wird bei Schilderung der Entwicklungsvorgänge im heranwachsenden

Fruchtknoten noch berührt werden. Von Interesse sind im Hinblick auf entsprechende Verhältnisse bei anderen *Amorphophallus*-Arten auch solche durch ihre äußere Form nur wenig auffallenden Früchte, die bei Vorhandensein zweier Fruchtknotenfächer nur einen Inhaltskörper aufweisen. Hier findet sich in dem Gipfel der Beere neben dem gedehnten Fache, dessen Samenanlage den Inhaltskörper lieferte, das zweite taube Fach, nicht oder kaum gedehnt, mit dem Stumpfe seiner Samenanlage (Abb. 1 d).

Entwicklung junger Pflanzen von *Amorphophallus bulbifer*.

Nach ENGLER sind die ersten Blätter der Keimpflanzen bei der Gattung *Amorphophallus* pfeilförmig. Es ist interessant, daß die ersten Blätter meiner *bulbifer*-Keimlinge sich anders verhielten.

Die in oder auf der Erde ausgelegten Inhaltskörper keimten je nach der Zeit, zu der sie den Beeren entnommen wurden, rascher oder weniger rasch aus. Die Niederblattknospe streckte sich, und aus den Achsenteilen des jungen, kurzen Sprosses (niemals aus dem Inhaltskörper) wuchsen zahlreiche Wurzeln hervor (Abb. 2e, S. 55). Nach 5 bis 6 rasch vergehenden Scheidenblättern entfaltete sich das erste Laubblatt. Dieses war stets dreiteilig, mit oft schon vollständig gespaltenen primären Abschnitten. Abb. 1 e zeigt das einfachste erste Blatt von allen, die an vielen Keimpflanzen beobachtet wurden. Im ersten Sommer entwickelten sich an den jungen Pflanzen rasch hintereinander weitere Laubblätter, von denen oftmals vier zugleich an einem Pflänzchen vorhanden waren. Im Herbst welkten die Blätter ab, und im Boden fand sich mit der leeren Korkhaut des Inhaltskörpers noch in Verbindung das Knöllchen aus den ersten Gliedern des jungen Sprosses.

Über die der Vergleichsmöglichkeit wegen interessierenden Verhältnisse bei den Früchten einer anderen *Amorphophallus*art, sowie über die durch die Untersuchung junger Früchte von *Am. bulb.* gewonnenen Einsichten bringt ein zweiter Teil dieser Mitteilung das Wichtigste.

9. Georg Eberle: Früchte und Keimpflanzen von Amorphophallus bulbifer.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 21. Dezember 1923. Vorgetragen in der Januarsitzung 1924.)

II.

Entwicklung der Früchte von *Amorphophallus bulbifer.* Das Material für die Untersuchung der zur Frucht führenden Entwicklungsvorgänge lieferte ein Kolben, der im Sommer 1921 heranwuchs. Die nach den Ergebnissen der an ihm gemachten Beobachtungen geplante Vervollständigung der Studien konnte nicht durchgeführt werden, da ein geeigneter Blütenstand im nächsten Sommer nicht zur Entwicklung kam.

Im Mai war der oben erwähnte Blütenstand entfaltet; Spadix und Spatha und der männliche Teil des Kolbens welkten rasch nacheinander ab und wurden, um Fäulnis vorzubeugen, entfernt. Der weibliche Teil blieb frisch auf dem nur für kurze Zeit welkenden Stiele. Die Fruchtknoten ließen bis in den Sommer hinein keine Veränderungen erkennen. Anfang August zeigte sich neben dem Kolbenstiel durch die Erde dringend ein rasch sich vergrößernder Blattkegel. Er gehörte zum Fortsetzungssprosse und wurde, da seine Entwicklung nach früher gemachten Erfahrungen das Weiterbestehen des Fruchtknotenstandes in Gefahr brachte, sofort ausgestochen. Eine Woche nach diesem Eingriff, am 16. August, zeigten sich an wenigen Fruchtknoten die ersten deutlichen Wachstumserscheinungen. Schon zwei Tage später hatte sich ihre Zahl so vermehrt, daß die meisten Fruchtknötchen sich gestreckt zeigten. Zu dieser Zeit geöffnete Fruchtknoten verschiedener Größe zeigten, daß über dem geduldigen, der Materialschonung wegen gebotenen Warten die jüngsten Stadien der Keimbildung versäumt waren. Das Wachstum der Fruchtknötchen ging von da ab verhältnismäßig rasch und bis zum Eintreten ihrer Fruchtgröße gleichmäßig vor sich. In der ersten Novemberwoche war diese im allgemeinen erreicht, gegen Ende des Monats wurden die ersten Reifeerscheinungen wahrgenommen, gelbliche Stellen auf den sonst frisch grünen Beeren. Im Laufe des Dezembers trat die Reife ein, die um das Jahresende vollständig war. Bis das Korallenrot die reifen Beeren gleichmäßig malte, blieb von dem lange ruhenden Fruchtknoten des Blütenstandes etwas allen

Altersstufen gleich: der scharf begrenzte rote Gipfel (vgl. die Strichelung des Randkonturs in Abb. 1, b, c, d, S. 51 und Abb. 3, a—f). Rot war am Fruchtknoten des erblühten Kolbens dessen ganzer Körper unterhalb der dunklen Narbe; mit seinem als „Stielchen" scharf abgesetzten grünen unteren Ende saß er in einer Vertiefung

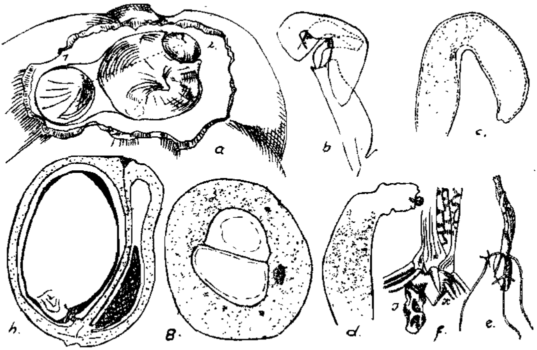


Abb. 2 *Amorphophallus bulbifer.* a, das knospentragende Ende eines Inhaltskörpers nach Entfernung der Niederblattkappe. *1* und *2* die beiden Achselknospen; die punktierte Linie gibt den Sinn der Blattspirale an. $^{10}/_1$ nat. Gr. — b, Samenanlagenstumpf mit dem in den Keil endenden Zellband. $^{20}/_1$ nat Gr. — c und d, vollständige und bis auf den Stumpf geschrumpfte Samenanlage. $^{25}/_1$ nat. Gr. — e, Keimling mit dem aus dem letzten Niederblatt der Knospe sich streckenden ersten dreiteiligen Laubblatt. $^1/_2$ nat. Gr. — f, die unterirdischen Teile einer Keimpflanze im Sommer; *J*, verschrumpfter Inhaltskörper; *k*, junges Stengelknöllchen. $^1/_1$ nat. Gr. — g, Querschnitt durch eine polyembryonische Beere. $^3/_1$ nat. Gr. — *Amorphophallus Preussii.* b, Längsschnitt einer Beere; in dem einen Fruchtfach ein Same, das andere taub. $^5/_1$ nat. Gr.

des Kolbens (Abb. 3, a, b, c). Als das Auswachsen eintrat, verlor dieser Teil seinen Charakter als Stielchen, indem er ebenso dick und bald dicker wurde als der übrige Fruchtknotenkörper (Abb. 3, d). In jenen frühen Stadien bestand der gleichmäßig gerundete Fruchtknoten aus einem oberen roten und einem unteren grünen Teil. Dieser nahm rasch an Höhe und Umfang zu und trug unverändert scharf begrenzt den roten, etwas abgesetzten Teil in die Höhe. Dieser Zuwachs schuf, wie Längsschnitte mit voller Klarheit zeigten,

interkalar das, was als Beere im ersten Teil der Mitteilung beschrieben wurde.

F r ü c h t e v o n *Amorphophallus Preussii* und *Schweinfurthii.* Der Vergleich mit Früchten anderer *Amorphophallus*arten war von großem Interesse. Für *Amorphophallus Preussii* und *Schweinfurthii* kann ich die von ENGLER dargestellten Verhältnisse bestätigen. Äußerlich sind die Unterschiede zu den Früchten von *bulbifer* gering. Die Beeren (ich beschränke mich jetzt auf die von *Amorphophallus Preussii*) sind eiförmig oder etwas zusammengedrückt, je nachdem sie einen oder zwei Samen enthalten. Eine deutlich abgesetzte Ringzone um den Narbenrest am Gipfel war nicht vorhanden. Sehr wesentlich sind die Unterschiede in der inneren Beschaffenheit der Früchte. Ein Längsschnitt durch eine zweifächerige Beere (Abb. 2, h) zeigt in dem einen beträchtlich erweiterten Fruchtknotenfache, mit dem Samenanlagenstiel am Grunde befestigt, den Samen. Seine dünne Haut umhüllt einen sogenannten makropoden Embryo mit stark entwickelter Sproßknospe. Wie sich unter dem Mikroskop zeigt, bildet der Embryo aus eigenen Elementen eine die Samenhaut ergänzende Schutzhülle aus einer 3—5 Zellen hohen Korkschicht. Das zweite taube Fach zeigt am Grunde die nicht zur Entwicklung gekommene oder in der Entwicklung gehemmte Samenanlage. Hier zeigt sich, ganz anders wie bei *Am. bulb.* (Abb. 1, d, S. 51), das taube Fach ebenso stark in die Länge gestreckt wie das den Samen enthaltende. In typischer Weise ist hier durch gleichmäßiges Heranwachsen des ganzen Fruchtknotens die Frucht gebildet; ein Zweifel über die Natur des Inhaltes kann bei der Befestigung und Umhüllung desselben nicht bestehen: es sind echte Samen.

D i e E n t w i c k l u n g s v o r g ä n g e i n d e n F r u c h t k n o t e n v o n *Amorphophallus bulbifer.*

Ein in der Ebene von Staubweg und Mitte des Fruchtknotenfaches bzw. der Fächer gelegter Schnitt trifft als vollkommen median die Samenanlage längs. Am meisten fällt in den Präparaten von jungen, der frisch aufgeblühten Infloreszenz entnommenen Fruchtknötchen die mächtige, pilzhutartig überrandete, mit hohen Papillen versehene Narbe auf (Abb. 3, a und b). Gegen sie erscheint der das Fach enthaltende eigentliche Fruchtknoten klein. Wo die Narbenwülste sich in einer Vertiefung treffen, geht der mit Papillen ausgekleidete Staubweg abwärts. Dicht an der Rückenseite des Fußes der anatropen Samenanlage (Abb. 3, a) mündet er in die Fruchtknotenhöhle ein. In einem jeden Fruchtknotenfach findet sich ausnahmslos nur eine einzige

Samenanlage. Zwei- oder dreifächerige Fruchtknoten wurden besonders in dem unteren Teile des weiblichen Kolbenabschnittes festgestellt. Unter der mit kurzen Papillen versehenen Epidermis liegt eine Schicht nahezu isodiametrischer Zellen, die mit leuchtend karminrotem Zellsaft erfüllt sind. Diese Zellen verursachen bis zur Reife die Rotfärbung des Gipfels der jungen Früchte.

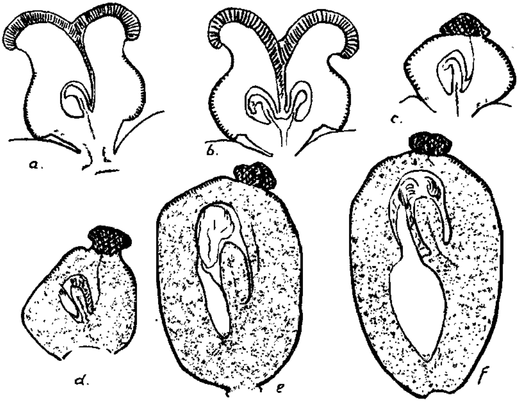


Abb. 3. *Amorphophallus bulbifer.* a und b, ein- und zweifächeriger Fruchtknoten zur Zeit der Blüte. — c, ruhender Fruchtknoten. — d, auswachsender Fruchtknoten; in der Fruchtknotenhöhle vor dem Samenanlagenstiel der Keil des Zellbandes. — e und f, zwei spätere Zustände, das Eindringen des Keiles in den Zuwachs des Fruchtknotenbodens zeigend. Alle 7/1 nat. Gr.

Die Veränderungen im Inneren der Fruchtknoten konnten nicht von den Anfangsstadien ab beobachtet werden. So sind die zur Bildung des Embryos führenden Entwicklungsstufen unbekannt geblieben.

Bei dem jüngsten beobachteten Zustande bot sich auf dem Längsschnitt folgendes Bild (Abb. 3, d). Nach Zuwachs des Fruchtknotenbodens hat sich die Fruchtknotenhöhle gedehnt. Von der Samenanlage ist nur noch der Stiel vorhanden (Abb. 2, d). Derselbe ist stark angeschwollen. Um ihn füllen außer den von

seinem Grund aufsteigenden Haaren gewundene und gekrümmte Zellbandstücke die Fruchtknotenhöhle. Gegen den Boden des Faches gerichtet liegt in der Nähe des Samenanlagenstieles ein keilförmiges Gewebestück. Eine wichtige Ergänzung zu dem Schnitt wird durch Freipräparieren des Inhaltes eines Fruchtknotenfaches erreicht. Von dem immer deutlichen Samenanlagenstiel ausgehend gelingt es bei einiger Vorsicht den merkwürdigen, den *Raum der Fruchtknotenhöhle gerade ausfüllenden Körper* übersichtlich auseinander zu legen (Abb. 2, b). Mit schmaler Basis sitzt dem Samenanlagenstumpf, an dessen Spitze die Reste eines degenerierten Organes zu erkennen sind, ein mit wenigen Zellbreiten einsetzendes Band an. Dieses erfüllt dicht aufgeknäuelt das Fruchtknotenfach. Nach seinem freien Ende verbreitert sich das Band zu einem flachen oder walzlichen Keile, je nachdem die Raumverhältnisse im Fruchtknoten es gestatten.

Zwei Wochen nach der Auffindung dieses merkwürdigen Zustandes bot ein anderes bis dahin kräftig weiter gewachsenes Fruchtknötchen folgende Verhältnisse (Abb. 3, e). Der Fruchtknotenraum war vollgepropft mit dem stark angeschwollenen Samenanlagenstumpf und dem noch dichter aufgeknäulten Zellbande. Vor der Vorderseite des Funiculus kam von oben ein kräftiger Keil und drängte seine Spitze an dessen Grunde in den zarten Zuwachs des Fruchtknotenbodens. Durch ältere vorgelagerte Zellen *geschützt liegt in der Spitze des Keiles das Meristem.*

Von dem Eindringen der Keimanlage ab spielen sich alle zur Frucht führenden Vorgänge außerbalb der durchbrochenen Fruchtknotenhöhle in dem Zuwachs des Fruchtknotenbodens ab. Der Keil dringt ständig tiefer in den größer werdenden Zuwachs ein (Abb. 3, f), dessen lockere Zellen zusammengeschoben werden. Das Volumen des Fruchtknotens vergrößert sich unter dem von innen wirkenden Drucke, bis die endgültige Beerengröße erreicht ist (Abb. 1, b, S. 51). Bei den in nahezu ausgewachsenen Fruchtknoten enthaltenen Inhaltskörpern treten in einiger Tiefe, von dem oberen Ende ausgehend und in benachbarten Zellen enganeinanderschließend, tangentiale Teilungen auf, die zur Ausbildung des Korkmantels führen. Die außerhalb der Korkschicht an die Fruchthülle grenzenden Zellen erhalten vor ihrem Tode zahlreiche spiralig verlaufende Verdickungsbänder. Zu welcher Zeit an der meristematischen Spitze des Keiles die Blatthöcker auftreten, die diesem den Charakter eines Stammvegetationspunktes verleihen, wurde nicht beobachtet. Die jüngsten Stadien zeigten immer bereits drei übereinandergreifende Blattgebilde.

Zu der in einem früheren Abschnitt erwähnten Polyembryonie kann ich nach Beobachtung von Entwicklungszuständen folgendes mitteilen. In einigen Präparaten wurde noch in der Fruchtknotenhöhle durch Raummangel verursachte meißelartige Verbreiterung des sonst spitz endenden Keiles beobachtet, die unter dem Drucke nicht zu beseitigender Hindernisse oft zu einer Trennung des Meristems in zwei Teile führte. Auf diese Weise erfolgte eine Gabelung der Keimanlage. Beide dicht nebeneinander weiterwachsende und in den Fruchtknotenzuwachs eindringende Teile lieferten zwei einander unmittelbar berührende Inhaltskörper.

Ohne Vermutungen hier zu Wort kommen zu lassen, kann eine endgültige Bewertung der mitgeteilten Verhältnisse nicht gegeben werden, solange nicht die genaue Feststellung der Keimbildungsvorgänge gelungen ist. Betont sei zuletzt noch einmal der gänzlich abweichende Bau der Früchte von *Am. bulb.* und der zweier anderer Arten der Gattung *Amorphophallus*, die eigenartige Entwicklung der Embryonen und die nach den vorhandenen Angaben für Samenkeimlinge überraschende, abweichend höhere Organisation der ersten Blätter der jungen Pflanze.

---

10. Leo Brauner: Phototropismus und Lichtturgorreaktion.

(Mit 3 Abbildungen im Text.)

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 22. Dezember 1923. Vorgetragen in der Dezembersitzung.)

I.

Die Untersuchungen, die zur Prüfung der BLAAUWschen Theorie angestellt worden sind, haben das eine gemeinsam: eine wachsende Pflanze wird allseitiger Reizwirkung ausgesetzt; dann mißt man die dadurch verursachte Änderung der Wachstumsgeschwindigkeit. So soll entschieden werden, ob die Wachstumsreaktion wirklich das primäre Phänomen ist und der Tropismus nur einen Sonderfall bei asymmetrischer Energieeinwirkung darstellt.

In einer früheren Arbeit (1) hatte ich versucht, das Problem dadurch der Lösung näher zu bringen, daß ich bei gleicher Energieeinwirkung Krümmung und Wachstum nebeneinander verfolgte. Verhielten sich diese beiden Reaktionen zueinander wie Bild und Spiegelbild, dann war die Frage im Sinne BLAAUWs entschieden. —

Diese Forderung *wurde unter gewissen Versuchsbedingungen* nicht hinreichend erfüllt, und das veranlaßte v. GUTTENBERG (2) zur Annahme, daß die BLAAUWsche Theorie nur für die sogenannte „protophototrope“ Reaktion gelte, während die darauf folgende eigentliche Krümmung ganz unabhängig von einer etwaigen Lichtwachstumsreaktion verlaufe. —

Da schien es mir aussichtsreich zu sein, eine andere Form der Tropismen in diesem Zusammenhang zu untersuchen: die Variationsbewegungen. Bewirkt hier einseitige Belichtung durch Turgorsenkung der Lichtflanke positive Krümmung, dann muß symmetrische Belichtung symmetrische Verkürzung des Organs zur Folge haben.

In den folgenden Zeilen teile ich die ersten Ergebnisse meiner Versuche über den Phototropismus von *Phaseolus multiflorus* mit, die nach demselben Plan angestellt worden waren, der schon meiner ersten Arbeit zugrunde lag: ich beobachtete vergleichend die Reaktionen auf asymmetrischen und auf symmetrischen Reiz.

Das ausgewachsene Primärblatt der Bohne stellt sich bekanntlich durch eine reine Variationsbewegung des Blattgelenkes in die günstigste Lichtlage ein. Der ganze Vorgang dürfte, soviel wir aus den bisherigen Untersuchungen (LEPESCHKIN, KERSTAN, SUESSENGUTH) wissen, sich folgendermaßen abspielen:

1. Permeabilitätserhöhung auf der Lichtseite des Gelenkes;
2. Turgorsenkung auf der Lichtflanke;
3. Krümmung.

Nun kommt eine Komplikation hinzu: Ober- und Unterseite des Gelenkes reagieren auf gleichen Reiz hin verschieden stark, und zwar deshalb, weil die Permeabilität der Oberseite an sich größer ist und daher deren Änderung den Turgorzustand weitgehender beeinflussen muß (5, S. 730). Derartige Verhältnisse führen bei einseitiger Belichtung zu Torsionen, wie SCHWENDENER (6) in einem physikalischen Versuch gezeigt hat, — bei symmetrischer Belichtung dagegen zu photonastischer Bewegung.

II.

Meine erste Aufgabe war es, eine Methode zu ersinnen, die es erlaubt, die Bewegnng des Gelenkes auf einseitige Belichtung hin genau zu messen, und zwar sowohl die Krümmung als auch die Torsion. Dazu verfuhr ich folgendermaßen: Eine Bohnenpflanze mit eben ausgewachsenen Primärblättern wurde nach der PFEFFERschen Methode derartig bandagiert, daß nur das obere Primärblattgelenk frei blieb. Mittels einer kleinen Federklemme

befestigte ich am apikalen Gelenkende ein Ablesespiegelchen (d = 12 mm), wie es Abb. 1a und b zeigt. Diese Befestigungsweise gewährleistet, daß der Spiegel alle Bewegungen des Gelenkes mitmacht, ohne dieses im geringsten zu schädigen. Da die Pflanze stets am Tage vor dem Versuch montiert wurde, waren auch alle seismischen Reize bis dahin ausgeklungen. — Die Messung erfolgte folgendermaßen: Ein kleiner, aus Papphröhren zusammengesetzter Projektionsapparat entwarf ein Fadenkreuz auf dem Spiegel, der seinerseits das Bild auf eine bogenförmige, mit Millimeterpapier

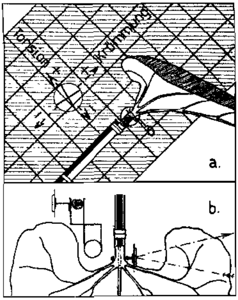


Abb. 1.

bezogene Skala reflektierte. Diese Skala stellte einen Zylindermantelquadranten mit dem Radius = 500 mm und der Höhe = 200 mm dar. Sie wurde so befestigt, daß die Zylinderachse um $90-\alpha^0$ gegen das Lot geneigt war, wenn der Winkel des Blattstieles mit dem Lot α^0 betrug. — Im Zylindermittelpunkt befand sich der Spiegel. Diese Einstellung der Skala, die auch in Abb. 1a angedeutet ist, ermöglicht die einfache Auflösung der Gelenksbewegung nach den beiden Komponenten: Krümmung und Torsion[1]). Aus der Abb. 1a ist ohne weiteres ersichtlich, daß eine reine Torsion des Gelenkes den Lichtzeiger in der Richtung der Zylinderachse (auf der ebenen Abszisse) verschiebt, während eine

1) Krümmung des Gelenkes in der Symmetrieebene, d. h. Hebung und Senkung des Blattes wird dabei nicht mitgemessen, da eine solche Bewegung nur Parallelverschiebung des Spiegels verursacht.

reine Krümmung das Fadenkreuz senkrecht dazu (auf der gebogenen Ordinate) wandern läßt. Ist die Bewegung zusammengesetzt, so kann man sie durch bloßes Ablesen des Lichtzeigerweges an den beiden Ordinaten in Krümmungs- und Torsionsgröße zerlegen.

Die eigenartige Form der Skala entstand nach den ersten Vorversuchen. Es zeigte sich nämlich, daß die phototrope Einstellung des Blattes hauptsächlich durch eine Krümmung des Gelenkes verursacht wird, während die Torsionskomponente nur gering blieb. Dementsprechend wanderte der Lichtzeiger im wesentlichen auf der Ordinate, die Abszissenabweichung war nur

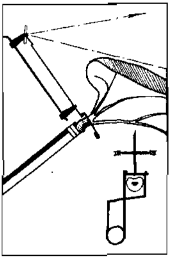


Abb. 2.

gering. So konnte ich mich mit einem Zylindermantel als Skala begnügen, da der geringe Ausschlag auf der ebenen Abszisse eine Gleichsetzung des (gemessenen) Sinus mit dem Winkel zuließ; die Ablesung an der kreisbogenförmigen Ordinate ergab natürlich wahre Winkelwerte. — Als Lichtquelle für die kleine Projektionsvorrichtung diente eine Taschenlampenbirne. Durch Vorschaltblenden war dafür gesorgt, daß nur das Mittelfeld des Spiegels von einem Lichtfleck getroffen wurde. Da ferner der Spiegel das Gelenk gegen das Ablesel icht abschirmte, machte sich niemals irgendeine Reizung hierdurch bemerkbar. — Die Empfindlichkeit der Methode ist genügend groß: bei einer Lichtzeigerlänge von 500 mm entspricht ein Skalenmillimeter einer Spiegeldrehung von 3,44 Minuten.

Zur Messung der „Lichtturgorreaktion" bei symmetrischer Belichtung bediente ich mich folgender Vorrichtung (Abb. 2): Am apikalen Gelenkteil wurde wiederum eine kleine Federklemme

befestigt, die jetzt aber keinen Spiegel trug, sondern nur als Angriffspunkt für einen ungleicharmigen Hebel diente, wie das aus Abb. 2 zu ersehen ist. Dieser Hebel übertrug seine Bewegung auf einen zweiten kurzen Hebel, an dessen Drehachse ein Spiegelchen saß. Die Bewegung dieses Spiegels wurde nun in der oben geschilderten Weise gemessen — hier natürlich an vertikaler Skala —. Die doppelte Hebelübersetzung in Verbindung mit der Spiegelablesung vergrößerte eine Längenänderung des Gelenkes 360 mal, 2,8 μ entsprachen also einem Skalenmillimeter.

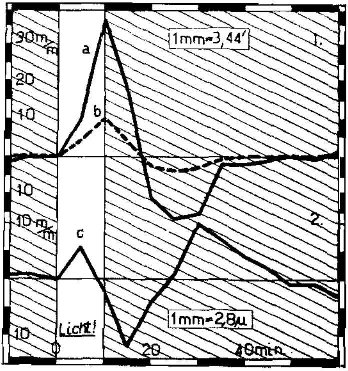


Abb 3

Die im Gewächshaus herangezogenen Versuchspflanzen wurden bandagiert, sobald die Primärblätter ausgewachsen waren. Nach dieser Operation verblieben sie stets noch 2—3 Tage im Gewächshaus, bevor ich sie zum Versuch verwandte. Wie schon erwähnt, wurden die Pflanzen schon am Nachmittag vor dem Versuch in die Dunkelkammer gebracht und für die Messung fertig gemacht. Das Montieren geschah noch bei weißem Licht; am nächsten Tag wurde dann nur mehr bei rotem Licht gearbeitet. — Zur Belichtung diente eine resp. zwei 200-HK-Metallfadenlampen, die Wärmestrahlung wurde durch große Wassertröge weitgehend abfiltriert. Trotzdem war eine geringe Erwärmung (0,5—0,8 ° C) während der

10 Min. langen Brenndauer unvermeidlich. Die Helligkeit bei der Pflanze betrug 700 MK, die Temperatur während der Versuche 19—20° C.

III.

Das Ergebnis der ersten Grundversuche bei einer Lichtmenge von 420 000 MKS (700 MK × 10′) ist aus Abb. 3 zu ersehen[1]). Hier bedeutet die Abszisse die Bewegungsgeschwindigkeit pro 5 Min. in Skalenmillimetern, und zwar für Kurve a und b die Drehgeschwindigkeit, für Kurve c die Geschwindigkeit der Längenänderung. Die Ordinate gibt die Zeit an.

Kurve a und b zeigt den Reaktionsverlauf bei einseitiger Belichtung, die Krümmungskomponente ist durch a, der Torsionsanteil durch b wiedergegeben. Sogleich nach der Belichtung beginnt die positive Krümmung mit zunehmender Geschwindigkeit. Ebenso plötzlich nimmt diese Bewegung nach dem Löschen des Lichtes ab, wird 8 Min. danach negativ, so daß eine Stunde nach Beginn der Belichtung der Ausgangszustand wieder erreicht ist. — Die Torsion verläuft genau im gleichen Sinn, doch beträgt ihr Ausmaß nur etwa ein Viertel der Krümmung.

Kurve c zeigt den Verlauf der Längenänderung bei zweiseitiger Belichtung: Nach einer geringen anfänglichen Verlängerung verkürzt sich das Gelenk ansehnlich, und zwar nimmt hier die Reaktion noch 5 Min. lang nach dem Löschen des Lichtes zu. Dann kehrt sich die Bewegung um und geht in eine Verlängerung über, so daß auch hier nach einer Stunde der Ausgangszustand wiederhergestellt ist.

Krümmung und Längenänderung verlaufen also im wesentlichen symmetrisch. Vollkommen genau ist die Übereinstimmung auch hier nicht: erstens fehlt die Anfangszacke der Kurve c in a und b, ferner sind die Kardinalpunkte bei c um 5 Min. verschoben.

Dennoch glaube ich, daß auch diese Versuche für die BLAAUWsche Theorie sprechen. Mathematische Symmetrie der beiden Reaktionen wird sich wohl nie erreichen lassen, vor allem darum, weil es nur schwerlich gelingen wird, bei asymmetrischem Reiz die Lichtflanke allein reagieren zu lassen.

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität.
Berlin, Weihnachten 1923.

---

1) Durchschnittskurven aus je 5 Versuchen.

Zitierte Literatur.

1. BRAUNER, L., Lichtkrümmung und Lichtwachstumsreaktion. Zeitschr. f. Bot. 1922 14, S. 497
2. GUTTENBERG, H. v., Über das Verhalten von Hypokotylen usw. Beitr. z. allg. Bot. 1923, 2, S. 547.
3. HABERLANDT, G., Die Lichtsinnesorgane der Laubblätter. Leipzig 1905.
4. KERSTAN, K., Über den Einfluß des geotr. u. heliotr. Reizes usw. COHNs Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. 1909, 9, S. 163
5. LEPESCHKIN, W. W., Zur Kenntnis des Mechanismus der Variationsbewegungen. Ber. d. D. Bot. Ges. 1908, 26, S. 724.
6. SCHWENDENER, S., Über Formveränderung eines zylindrischen Organs usw. Sitz.-Ber. Preuß. Akad. d. Wiss. 1898, XII.
7. SUESSENGUTH, K., Untersuchungen über Variationsbewegungen der Blätter. Jena 1922

11. Ernst Lehmann und Rao Lakshmana: Über die Gültigkeit des Produktgesetzes bei der Lichtkeimung von Lythrum Salicaria.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 24. Dezember 1923. Vorgetragen in der Januarsitzung 1924.)

Im Jahre 1918 hatte LEHMANN[1]) gezeigt, daß die Keimung der im Dunkeln sonst nicht keimfähigen Samen von *Lythrum Salicaria* durch Belichtung von außerordentlich geringer Dauer ausgelöst werden kann. Mit dieser Feststellung war naturgemäß die Aufgabe gegeben, diese Lichtwirkungen quantitativ genauer zu fassen und der Frage nachzugehen, wie bestimmte Lichtmengen in den Keimungsvorgang eingreifen.

Diese Frage hatte nun LEHMANN[2]) schon 1920 einer Klärung näherzubringen versucht; seine damaligen Ergebnisse sind in Kürze in den Jahresberichten der württembergischen Gesellschaft der Wissenschaften niedergelegt. Er hatte seine Versuchssamen damals bei 25 Grad mit 50, 300 und 500 MK. zur Keimung angesetzt. Die erhaltenen Zahlen sind in folgender Tabelle jeweils unter a und c zusammengestellt.

1) E. LEHMANN, Über die minimale Belichtungszeit, welche die Keimung der Samen von *Lythrum Salicaria* auslöst. Berichte der Deutschen Bot. Ges. 1918, 36, S. 157.

2) E. LEHMANN, Jahresbericht der Württembergischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften; Tübingen. Jahresbericht für das Jahr 1920. Seite 14.

Tabelle 1.

Versuchsmaterial: *Lythrum Salicaria* aus dem botanischen Garten Tübingen von 1917. 18 Stunden vorgequollene Samen wurden bei 25 Grad belichtet und nach 3 Tagen auf das Keimprozent geprüft.

Belichtung: 50 MK.			Belichtung: 300 MK.			Belichtung: 500 MK.		
a Zeit der Bel.	b Produkt MKS.	c Keim-proz.	a Zeit der Bel.	b Produkt MKS.	c Keim-proz.	a Zeit der Bel.	b Produkt MKS.	c Keim-proz
1 Min.	3 000	5,1	1 Min.	18 000	10,5	1 Sek.	500	2
3 „	9 000	5,25	3 „	54 000	13,3	10 „	5 000	11,5
6 „	18 000	8	6 „	108 000	17,4	20 „	10 000	14.6
12 „	36 000	9,5	15 „	270 000	19,25	1 Min.	30 000	18
15 „	45 000	14,25	30 „	540 000	25.2	3 „	90 000	24,4
30 „	90 000	15,3	1 Std.	1 080 000	33	6 „	180 000	26
1 Std.	180 000	21	2 Std.	2 160 000	40	12 „	360 000	31,25
2 „	360 000	37,4	—	—	—	15 „	450 000	34
5 „	900 000	65	—	—	—	2 Std.	3 600 000	49
8 „	1 440 000	80	—	—	—	5 „	9 000 000	78
12 „	2 160 000	91	—	—	—	8 „	14 400 000	91
—	—	—	—	—	—	12 „	21 600 000	95

Die Tabelle beweist einmal, daß mit steigender Belichtungsintensität die zum gleichen Keimungserfolg nötigen Belichtungszeiten sich verkürzen und z. a., daß umgekehrt mit verlängerter Belichtungszeit die nötigen Intensitäten geringer werden. Die *erlangten Zahlen legten die Möglichkeit der Gültigkeit des* Produktgesetzes nahe; es zeigen indessen die beigefügten Produktzahlen, daß eine gute Übereinstimmung durch die erlangten Werte noch nicht erzielt war.

Es erschien nun zunächst erwünscht, entsprechende Versuche bei höheren Temperaturen anzustellen, da sich die *Lythrum*-Samen dann erheblich empfindlicher auf die Einwirkung des Lichtes gezeigt hatten und z. a. der Keimungsverlauf ein energischerer ist. Mit erhöhter Empfindlichkeit erwies es sich aber zugleich notwendig, die Methodik weitgehend zu verfeinern. Dieser Aufgabe wurde zunächst nähergetreten.

Durch das freundliche Entgegenkommen der württembergischen Gesellschaft der Wissenschaften, für welches an dieser Stelle mein wärmster Dank ausgesprochen sei, war es zunächst möglich, einen für die Aufgabe speziell konstruierten Thermostaten herzustellen.

Derselbe besteht aus einem doppelten Zinkblechkasten von 110 cm Höhe, in welchem sich ein zur Aufnahme der Versuchsschalen dienender, im Dunkeln leicht zu öffnen und zu schließender weiterer Zinkkasten von 80 cm Höhe befindet. Die Temperatur des Versuchsraums wird dadurch konstant gehalten, daß das in einem neben dem Thermostaten stehenden Topf befindliche vorgewärmte Wasser durch einen Motor von hier in den Raum zwischen Zinkmantel und Versuchskasten gepumpt und dauernd in Zirkulation gehalten wird und die erhitzende Flamme durch einen Quecksilberthermoregulator reguliert wird. Auf diese Weise ließen sich 1—2 Dezigrad übersteigende Temperaturschwankungen ausschließen. Die Beleuchtung erfolgte durch Osramazolampen verschiedener Stärke, die zur Abhaltung der Wärmestrahlen in einem nach unten mit einer Glasscheibe versehenen Blechkühler mit dauernd fließendem Wasser sich befanden. Die Beleuchtungsstärke wurde vor jedem Versuch mit dem WEBERschen Photometer gemessen und der Abstand der Lampe von den Versuchssamen nach dem gefundenen Resultat und der erwünschten Lichtstärke erstellt. Die kürzeren Belichtungszeiten wurden mit dem Metronom gemessen.

Die Ergebnisse der so angestellten Versuche sollen zunächst in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben werden.

Tabelle 2.

Versuchsmaterial: *Lythrum Salicaria* aus dem botanischen Garten Tübingen von 1922. 24 Stunden vorgequollene Samen wurden bei 30 Grad belichtet und nach 2 Tagen auf das Keimprozent geprüft.

Belichtung: 5 MK.			Belichtung: 50 MK.			Belichtung: 200 MK.		
Zeit der Bel.	Produkt MKS.	Keimproz.	Zeit der Bel.	Produkt MKS.	Keimproz.	Zeit der Bel.	Produkt MKS.	Keimproz.
30 Sek.	150	4,5	5 Sek.	250	15,4	1 Sek.	200	23
1 Min.	300	10,5	10 „	500	22,5	10 „	2 000	29
10 „	3 000	19	30 „	1 500	28,4	30 „	6 000	36(34,5)
20 „	6 000	24,75	1 Min.	3 000	33,75	1 Min.	12 000	36,5
30 „	9 000	27,75	5 „	15 000	40,2	5 „	60 000	43
1 Std.	18 000	32,25	15 „	45 000	49,72	15 „	180 000	54
3 „	54 000	45,25	45 „	135 000	54,4	—	—	—
6 „	108 000	55,75	1 Std.	180 000	57,6	—	—	—
12 „	216 000	70,75	6 „	1 080 000	82	—	—	—
24 „	432 000	80,88	12 „	2 160 000	90,25	—	—	—
36 „	648 000	92,25	—	—	—	—	—	—

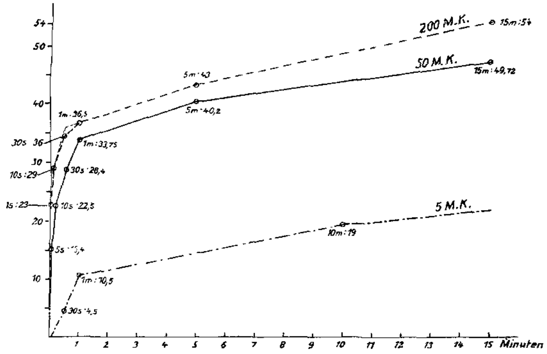


Abb. 1. Kurven für die nach 1—15 Minuten mit 5 M. K.-, 50 M. K.- und 200 M. K.-Belichtung bei 30° erzielten Keimprozente von *Lythrum Salicaria*-Samen. Auf der Abszisse sind die Belichtungszeiten, auf der Ordinate die Keimprozente abgetragen. (1 m : 36,5 = 36,5 % Keimlinge bei 1 Minute Belichtung.)

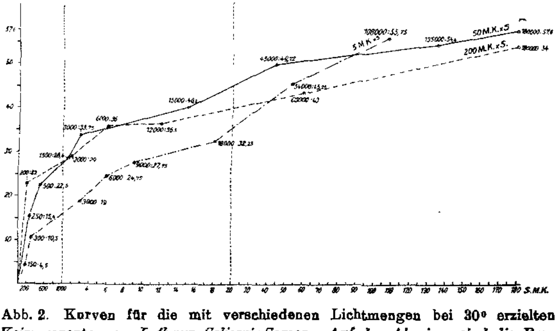


Abb. 2. Kurven für die mit verschiedenen Lichtmengen bei 30° erzielten Keimprozente von *Lythrum Salicaria*-Samen. Auf der Abszisse sind die Produkte aus Belichtungszeit und Intensität, auf der Ordinate die Keimprozente abgetragen. Für die Abszissenwerte sind bis 1000 S. M. K. je 200, bis 20 000 je 1000, bis zum Schluß je 5000 S. M. K. als Einheiten zu Grunde gelegt. (1500 : 28,4 = 28,4 Keimprozent bei 1500 S. M. K.)

Die mitgeteilten Werte bringen zunächst eine Bestätigung der früheren Versuche LEHMANNs; sodann geht zweifelsfrei aus ihnen hervor, daß den Lichtmengen ein ausschlaggebender Einfluß auf die Keimung der *Lythrum*-Samen zukommt. Wird z. B. bei 200 MK. das Keimprozent von 43 nach 5 Minuten Belichtung erreicht, so führen erst nahezu 3 Stunden Belichtung mit 5 MK. zu demselben Ergebnis; 1 Sekunde Belichtung mit 200 MK. ergibt ungefähr denselben Wert (23), wie 20 Minuten Belichtung mit 5 MK. (24,75). So findet man auch recht schön übereinstimmende Produktwirkungen; vgl. z. B. die Werte für 54 000, 45 000 und 60 000 MKS., oder 18 000, 15 000 und 12 000 MKS.

Die erzielten Ergebnisse werden durch die beiden Kurvenbilder graphisch dargestellt. In dem ersten Bild sind die für die einzelnen Belichtungszeiten bei den drei verschiedenen verwandten Intensitäten erlangten Keimprozente zusammengestellt. Es ergeben sich drei, durchaus getrennt ohne jede Überschneidung verlaufende logarithmische Kurven, welche klar die anfänglich sehr schnell, später immer langsamer sich steigernde Kraftwirkung erkennen lassen.

Das zweite Kurvenbild stellt die Keimprozente dar, welche auf Grund der aus den verschiedenen Lichtintensitäten und Belichtungszeiten erlangten Lichtmengen gewonnen wurden. Hier sehen wir bei mehrfachem Überschneiden einen im allgemeinen gemeinsamen Verlauf der drei Kurven.

Der Vergleich der beiden Kurvensysteme läßt die Gültigkeit des Produktgesetzes auch für die Lichtkeimungsvorgänge von *Lythrum Salicaria* kaum zweifelhaft erscheinen.

Zweifellos ist der Verlauf der Produktkurven noch kein völlig einheitlicher; besonders im anfänglichen und dem Ende genäherten Verlauf zeigen sich mancherlei Abweichungen, von denen derzeit noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden ist, ob sie im Material begründet sind oder durch die recht erheblichen Versuchsschwierigkeiten bedingt sind. Äußere Verhältnisse zwangen derzeit zur Unterbrechung der sehr zeitraubenden Versuche; zu Beginn des Sommers sollen die Versuche mit weiter verfeinerter Methodik fortgeführt werden. Es steht zu hoffen, daß dann die derzeit noch zweifelhaften Kurventeile weiterer Klärung entgegengeführt werden können und eine Reihe anderer, sich anschließender Probleme gelöst werden kann.

12. A. Weisse: Blattstellungsstudien an Cercidophyllum japonicum. III. Abweichungen in Blattstellung und Verzweigung.

(Eingegangen am 28. Dezember 1923. Vorgetragen in der Januarsitzung 1924.)

Die normale Stellung der auf das erste unpaare Laubblatt folgenden Blätter ist, wie ich schon in der Mitt. I (diese Ber., XLI, p. 376) hervorhob, die dekussierte[1]). Nicht gerade selten stehen an Langtrieben die Glieder eines Paares nicht genau auf gleicher Höhe. Auch wird die ursprüngliche Stellung oft dadurch verwischt, daß, wie schon HARMS (9, p. 275) bemerkte, besonders an fast horizontalen Trieben die Blätter infolge von Drehungen der Internodien in nahezu einer Ebene ausgebreitet sind. Diese zunächst im Interesse der fixen Lichtlage der Primärblätter eintretende Änderung der ursprünglichen Blattanordnung kommt in späteren Jahren auch dem unpaaren Laubblatte der Kurztriebe zugute, da dieses ja stets die Stelle des zu dem Kurztrieb gehörigen Tragblattes einnimmt. — Spiralstellungen sind bei *Cercidophyllum* äußerst selten. Ich habe alle Zweige der 8 größeren, jetzt etwa 25 Jahre alten, und der zahlreichen kleineren Exemplare des Dahlemer Gartens daraufhin geprüft und nur zwei Zweige aufgefunden, deren Stellung wenigstens z. T. als spiralige zu bezeichnen ist; aber auch bei diesen war die Stellung keine ganz regelmäßige, sondern zeigte alle Merkmale einer auf gelegentlichen Störungen beruhenden Bildungsabweichung. Es handelte sich in beiden Fällen um stark aufstrebende Zweige, die gemeinsam an einem dickeren, gleichfalls aufstrebenden Ast eines ♀ Baumes des Arboretums standen. Während die untersten und obersten Blätter (bzw. Kurztriebe) der Sprosse annähernd opponiert waren, standen die mittleren Blätter in Spiralen mit ungefähr $^{2}/_{5}$-Divergenz. — Die Durchmusterung des Herbarmaterials des Botanischen Museums führte zum Auffinden von zwei weiteren Beispielen; und zwar befinden sich beide in der von japanischen Originalstandorten stammenden, 9 Bogen umfassenden Sammlung, während die 5 Bogen chinesischer Originalexemplare, sowie 49 Bogen, auf denen Zweige

---

1) Die Angabe von HEINRICH MAYR (18, p. 461) „Blätter zweizeilig gestellt" *ist in dieser allgemeinen Form unzutreffend. Nur die 3 Knospenschuppen und das unpaare Laubblatt sind* zweizeilig angeordnet, die folgenden Laubblätter stehen dekussiert.

kultivierter Bäume von verschiedener Herkunft aufgelegt sind, nur dekussierte Blattstellung zeigen. Der eine jener Zweige wurde 1861 von MAXIMOWICZ in Hakodate, der andere 1905 von JOHN G. JACK in Sapporo, Hokkaido, gesammelt. An beiden Zweigen ging die ursprünglich dekussierte Stellung in eine spiralige über; die Divergenzen waren an den gepreßten Zweigen nicht näher festzustellen. — Auch an einigen Knospen konnte ich in der Stellung der Laubblattanlagen Abweichungen feststellen. Ich habe im ganzen über 800 Knospen auf Querschnitten untersucht, aber nur vier aufgefunden, bei denen die Stellung in eine spiralige überging. Ich lasse eine kurze Beschreibung folgen: Knospe 1. Unters. am 1. März. An einem 3jähr. Kurztrieb. Die 3 Niederbl. und Laubbl. 4 standen regelmäßig alternierend. Die Spreite von Bl. 4 zeigte eine asymmetrische Ausbildung, indem die rechte Seite gefördert war. Die 3 folg. Laubblätteranlagen standen in einer linksläufigen Spirale, und zwar Bl. 5 rechts-hinten, Bl. 6 links, Bl. 7 rechts-vorn. Sie waren in ihrer Größe entsprechend abgestuft. Knospe 2. Unters. am 9. April. An einem 3jähr. Kurztrieb. Schon das adoss. Vorbl. stand der Narbe des Tragbl. nicht genau opponiert, sondern links-hinten, Niederbl. 2 rechts-vorn, Niederbl. 3 hinten und etwas links, Laubbl. 4 vorn und etwas links, Laubbl. 5 rechts-hinten, größer als gewöhnlich, Bl. 6 links, klein. Man konnte alle 6 Bl. durch eine linksl. Spirale verbinden. Knospe 3. Unters. am 11. Mai. An einem 3jähr. Kurztrieb. Das Laubbl. 4 war schon ausgetrieben, die weiteren Anlagen der Winterknospe waren noch vollkommen frisch. Sie standen in rechtsl. Spirale, und zwar Laubbl 5 links-hinten, 6 rechts, beide ungefähr gleich groß, 7 vorn und etwas links, 8 hinten und etwas links, 7 bedeutend größer als 8. Knospe 4. Unters. am 24. Oktober. An einem 9jähr. Kurztrieb. Die ersten 4 Bl. zeigten im wesentlichen die median zweizeilige Anordnung, doch war schon Bl. 3, mehr noch Bl. 4 etwas nach links hin verschoben. Die bemerkenswerteste Unregelmäßigkeit bestand darin, daß Bl. 4 nicht als Laubbl., sondern als Niederbl. ausgebildet war; doch besaß es eine Axillarknospe, an der schon das adoss. Vorbl. angelegt war. Das erste Laubbl. 5 stand rechts und etwas hinten; es war auffallend groß und umschloß mit seinen Stipeln das viel kleinere links und etwas hinten stehende Bl. 6. Es folgten dann weiter in linksl. Spirale Bl. 7 vorn, Bl. 8 hinten und wenig rechts. — Das Gemeinsame der 4 Fälle besteht darin, daß stets eine früher oder später auftretende Asymmetrie in der Ausbildung oder Stellung eines Blattes auch die Stellung der folgenden Blätter beeinflußt.

Während im allgemeinen nur die beiden obersten Knospen des diesjährigen Langtriebes im nächsten Jahre zu neuen Langsprossen auswachsen, kommt es, wie schon HARMS (9, p. 276) bemerkte, gelegentlich auch vor, daß andere Knospen austreiben. Dies findet, wie ich beobachten konnte, stets dann statt, wenn der Zweig Beschädigungen erlitten hat. So wachsen, wenn ein jüngerer Zweig abgeschnitten wird, meistens die obersten der stehengebliebenen, aber bisweilen auch andere Knospen, zu Ersatz-Langtrieben aus. Auch Wind- und Frostbeschädigungen dürften in derselben Weise wirksam sein. — An einem ♀ Baume im „System" fiel mir auf, daß an einigen 5—8jährigen Ästen viele Kurztriebknospen in unregelmäßiger Weise ausgewachsen waren. Es hatten sich auf je einem Kurztrieb meist 3 (seltener auch 5) kurze Sprosse entwickelt, die ihrer Stellung nach als Austriebe der zu den Blättern 4, 5 und 5′ (bzw. auch 6 und 6′) gehörigen sekundären Axillarknospen einer Knospe zu erkennen waren. Diese abnorme Verzweigung ist wohl durch Schildläuse verursacht, von denen gerade diese Zweige besonders befallen waren, die aber auch auf anderen Katsurabäumen im Dahlemer Garten seltener auftreten. Da von Schädlingen, die auf *Cercidophyllum* vorkommen, bisher nur ein Pilz bekannt geworden ist, den SHIRAI auf den Blättern des Baumes in Japan auffand und HENNINGS (11, p. 165) als *Polythrincium Shiraianum* beschrieb, schien es mir wichtig, den Namen der Laus festzustellen. Ich bat daher Herrn FRDR. SCHUMACHER in Charlottenburg, der als guter Kenner der Schildläuse geschätzt wird, um freundliche Bestimmung derselben. Seinem gef. Schreiben vom 19. August 1923 entnehme ich die folgenden Sätze: „Bei der übersandten Schildlaus handelt es sich um *Lecanium corni* Bché. Es ist dies eine der häufigsten und verbreitetsten einheimischen Arten, welche nicht nur die europäischen Gehölze (mit Ausnahme der Koniferen), sondern auch viele andere kultivierte befällt. Von *Cercidophyllum* wird sie allerdings in der Literatur noch nicht geführt. Mir ist sie seit längerer Zeit auch aus der dendrologischen Abteilung des Botan. Gartens bekannt (Nr. 6986 und 7459 meines Tagebuchs). Andere Insektenarten habe ich hingegen auf *Cercidophyllum* nicht beobachtet."

Um die Frage zu prüfen, ob beim Katsurabaum sich auch experimentell abweichende Blattstellungen hervorrufen lassen, nahm ich an drei 10jährigen Bäumchen, die mir in der Baumschule des Dahlemer Gartens zur Verfügung standen, Schneidelungsversuche vor. In ähnlicher Weise, wie ich im Anschluß an die Versuche von KNY (39) schon früher (40) verfuhr, um kräftige

aufstrebende Zweige zu erzielen, ging ich auch diesmal zu Werke. Die Bäumchen wurden am 3. April mehr oder weniger stark zurückgeschnitten. An einem Bäumchen ließ ich nur einen der vorj. Langtriebe unverkürzt mit seinen beiden gipfelständigen Knospen stehen, den zugehörigen Gabelsproß schnitt ich soweit herunter, daß nur die beiden gegenständigen untersten Kurztriebknospen erhalten blieben. An dem zweiten Bäumchen wurde gleichfalls nur einer der vorjährigen Langtriebe mit seinen beiden gipfelständigen Knospen belassen; außerdem blieben an 2 Gabelsprossen eines Seitenzweiges je 2 gegenständige Kurztriebknospen stehen. Alle anderen Zweige und Knospen wurden bei diesem Bäumchen sorgfältig entfernt. Das dritte Bäumchen wurde bis auf 35 cm Höhe geköpft, behielt aber an dem (oben gegabelten) Stumpf alle Kurztriebknospen. Die gipfelständigen Knospen der Bm. 1 und 2 trieben zuerst und am kräftigsten aus. Ihre Blätter zeigten zunächst, wie zu erwarten, die regelm. dekussierte Anordnung, dann aber ging diese an einem der beiden diesj. Langtriebe von Bm. 1 nach einigen Schwankungen in eine ziemlich regelmäßige rechtsl. Spiralst. mit ungefähr $^2/_5$-Divergenz über, während die anderen Langtriebe die dekussierte Stellung bewahrten. Die an den Bm. 1 und 2 stehen gelassenen 6 Kurztriebknospen hatten sich sämtlich zu Ersatz-Langtrieben entwickelt. Die Blattstellung war bei 5 von ihnen im wesentlichen die dekussierte geblieben, nur bei einem im oberen Teile in eine unregelmäßige Spiralst. übergegangen. Am Bm. 3 waren im ganzen 14 Kurztriebknospen zu Ersatz-Langtrieben ausgewachsen. Nur 4 von ihnen waren kräftiger entwickelt und aufstrebend, und an zweien von diesen war es zu einer ziemlich regelmäßigen linksl. Spiralst. gekommen; bei allen übrigen Sprossen standen die Bl. im wesentlichen dekussiert. Mehrere der stärker entwickelten Ersatz-Langtriebe zeigten unregelmäßige Verzweigung, indem Axillarknospen von diesj. Blättern, die eigentlich erst im nächsten Jahre hätten zu Kurztrieben auswachsen sollen, schon in diesem Jahre als Ersatz-Langsprosse 2. Ordnung austrieben. Im ganzen waren 15 solcher sekundären Zweige zur Entwicklung gekommen. Als eine gemeinsame Eigentümlichkeit derselben verdient vermerkt zu werden, daß das unpaare Laubbl. bei ihnen durch ein längeres Internodium (bis 40 mm) emporgehoben ist. An 5 von diesen Zweigen kam es zu einer zerstreuten, im ganzen als spiralig zu bezeichnenden Stellung. In einem Falle trat vor dem Beginn der Spiralst. ein 3gliedriger Quirl auf, der eigentümlicherweise sonst bei *Cercidophyllum* noch nicht beobachtet wurde. Ein anderer Zweig war dadurch bemerkenswert, daß an ihm außer dem adoss.

Vorbl. nur das nach vorn fallende Bl. 2 als Niederbl. entwickelt war, während an Stelle des 3. Niederbl. hinten zwei etwas nach rechts genäherte Laubbl. zur Entwicklung gekommen waren. Es handelt sich hier also um ein ganz ähnliches Verhalten, wie es GOEBEL (33, p. 805) bei entsprechenden Versuchen an *Prunus Padus* beobachtet hat. — Die durch die Schneidelungsversuche an *Cercidophyllum* hervorgerufenen Blattstellungsänderungen stellen sich in jeder Beziehung denen an die Seite, die ich für andere Holzgewächse mit dekussierter Blattstellung schon früher (40, p. 371 ff.) beschrieben habe. Als Grund der Störung ist das gesteigerte Wachstum des Triebes auzusehen, durch das den Blattanlagen am Scheitel mehr Spielraum gewährt wird (40, p. 378).

Während GOEBEL der SCHWENDENERschen Blattstellungstheorie (27) zuerst sympathisch gegenüberstand (34, p. 355) und auch noch in der 1. Aufl. seiner Organographie eine besondere Bearbeitung dieser Lehre für geboten hielt (35, p. 61), hat er in der 2. Aufl. (36, p. 195) seinen Standpunkt geändert und will dieser Theorie nur noch ein historisches Interesse zusprechen. Er selbst gibt hier der Anschauung Ausdruck, daß bei dem Zustandekommen der Blattstellung es auf die Raumverhältnisse nicht ankommt, da „diese erst durch das Wachstum des Vegetationspunktes geschaffen“ werden; „die Blattanlagen treten dort auf, wo eine Anhäufung embryonalen Protoplasmas stattfindet“. Es sind somit „die inneren (durch Struktur und Ernährung bedingten) Verhältnisse des Vegetationspunktes“, „welche für die Anordnung der seitlichen Organe maßgebend sind“ (36, p. 194). „Äußere Faktoren können nur insofern auf die erste Anordnung seitlicher Organe einwirken, als sie das embryonale Gewebe des Vegetationspunktes beeinflussen“, Verhältnisse, in deren Zusammenhang wir derzeit keinen Einblick besitzen (36, p. 196). — Von gleichen Gesichtspunkten ausgehend hat vor kurzem HIRMER in einer besonderen Schrift (37) das Blattstellungsproblem zu lösen versucht. Nach seiner Auffassung besitzt der Scheitel eine Anzahl von organogenetisch wirksamen Sektoren („Blastostichen“), auf denen allein die Bildung neuer Organe vor sich gehen kann. Der Übergang von einem Stellungssystem zum nächst höheren soll durch Einschiebung eines neuen Sektors (37, p. 104) zustande kommen. — Wenn beide Autoren immer wieder betonen, daß die Aktivität des Scheitels für die Gestaltungsvorgänge ausschlaggebend sei, so kann ich demgegenüber nur das wiederholen, was ich schon vor 20 Jahren sagte (41, p. 398), daß eben die Anschlußtheorie die Blattstellung und nicht die Blattbildung erklären will; diese ist selbstver-

ständlich nur der Aktivität des Scheitels zuzuschreiben. Dafür aber, daß, wenigstens in der vegetativen Region, die Stellung durch die jeweils gegebene Basis und nicht durch die souveräne Tätigkeit des Scheitels bedingt wird, geben, wie ich glaube, auch wieder die von mir an *Cercidophyllum* gemachten Beobachtungen den Beweis. Der Scheitel kann eben an orthotropen Sprossen an allen Punkten seiner Peripherie (nicht nur auf „Blastostichen") neue Organe hervorbringen; er wird es da zuerst tun, wo sich zuerst der für die Neubildung nötige Raum darbietet. Daß dies so ist, hat übrigens wohl auch seine biologische Bedeutung; es wird ja gerade dadurch der innige Kontakt der Blätter in der Knospenlage und durch ihn der beste Schutz der jüngsten Anlagen durch die nächst älteren gewährleistet. In der Blütenregion hat eine gewisse Arbeitsteilung Platz gegriffen; während der Knospenschutz dem Kelch oder Hüllblättern zufällt, sind für die Ausbildung und oft auch die Stellung der eigentlichen Geschlechtsorgane blütenbiologische Faktoren maßgebend. Es wird auch hier das Prinzip des Anschlusses gewahrt, solange es geht, aber oft zugunsten besonderer Anpassungserscheinungen durchbrochen. — Zum Schluß möchte ich noch hervorheben, daß meine Beobachtungen, soweit es sich um Raumverhältnisse handelt, in erfreulicher Übereinstimmung mit den von ITERSON (38, p. 206 und 252) entwickelten Anschauungen stehen.

Literatur.

Die Nummern 1—32 beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schl. v. Mitt. II (diese Ber., XLI, p. 384).

33 GOEBEL, K., Beitr. z. Morph. u. Physl. d. Blattes. (Bot. Ztg., XXXVIII, 1880, Sp 753 ff.)

34. — —, Üb. d. Verzw. dorsiv. Sprosse. (Arb. bot. Inst. Würzburg, II, 1882, p. 353—436.)

35. — —, Organographie d. Pfl. I. Teil. Jena 1898.

36 — —, Organographie d. Pfl. I. Teil. 2. Aufl. Jena 1913.

37. HIRMER, MAX, Zur Lös. d. Probl. d. Blattstell. Jena 1922.

38. ITERSON jun., G. VAN, Math. u. mikr.-anat. Studien üb. Blattstell. etc. Jena 1907.

39. KNY, L., Ein Vers. z. Blattstellungslehre. (Ber. dtsch. bot. Ges., XVI, 1898, p. (60)—(64).)

40. WEISSE, A., Üb. Veränd. d. Blttst. an aufstr. Axillarzw. (Ber. dtsch. bot. Ges., XVII, 1899, p. 343—378.)

41. — —, Unts. üb. d. Blttst. an Cacteen etc. (Jahrb. wiss. Bot., XXXIX, 1903, p. 343—423.)

13. W. Gothan: Neue Ansichten über die Bildung von Braunkohlenflözen.

Eingegangen am 28. Dezember 1923. Vorgetragen in der Februarsitzung 1924.)

Für denjenigen, der sich einmal für die Fragen der Bildung der Kohlenflöze interessiert hat, und darüber, sei es in Vorträgen, sei es aus Büchern, Belehrung gesucht hat, ersteht, sobald von der Bildung der Braunkohlenflöze die Rede ist, gewöhnlich das Bild der von Sumpfzypressen *(Taxodium distichum)* bewachsenen sumpfigen Moräste (swamps) der atlantischen Küste des südlichen Nordamerikas, die schon von LYELL als „Kohlenflöze im Embryonalzustand" bezeichnet wurden („cypress swamps"). Besonders durch die Schriften H. POTONIÉs ist der Vergleich der Braunkohlen-Urvegetation mit den nordamerikanischen Zypressensümpfen in fast alle Lehrbücher übergegangen. Es soll im folgenden unsere Aufgabe sein, die Geschichte der Entstehung dieser Vorstellungen darzulegen und zu prüfen, was an ihnen richtig ist, und dabei gleichzeitig die Ergebnisse der neuen und neueren Forschung zu betrachten, die besonders dem Verfasser seit Jahren am Herzen gelegen hat.

Daß die Kohlenflöze, also auch die jüngeren Kohlenflöze der Braunkohlen- oder Tertiärformation, auf Moorgeländen in Form von ehemaligen Torflagern sich gebildet haben, ist heute von den meisten kompetenten Untersuchern zugegeben bis auf einige, denen meist aus irgendwelchen vorgefaßten Gründen diese „Torfhypothese" nicht paßt (von den Anschauungen neuerer Phantasie-„Geophysiker" darf als abenteuerlich und undiskutabel ganz abgesehen werden). Bei uns in Deutschland sind ja Braunkohlen außerordentlich verbreitet, und zwar zeigen sie speziell in Mitteldeutschland aus verschiedenen Gründen noch einen ziemlich jugendlichen, wenn man so sagen darf, halb torfigen Charakter. Die relativ geringe Veränderung des Urmaterials tritt bei diesen Braunkohlen besonders dadurch hervor, daß in dieser „erdigen" Kohle selbst, die noch keine Spur des bei den „älteren" Kohlen gewohnten glänzenden Bruches angenommen hat, eine große Anzahl oft noch in aufrechter Stellung befindlicher Baumstämme (Lignite) sich finden, von einer außerordentlich guten Beschaffenheit (Niederlausitz, Ville,

Schlesien). Diese Baumstämme, neben denen auch in der Kohle öfter Koniferenzapfen, sowie Blätter von Nadelbäumen, Samen verschiedener Gewächse usw. vorkommen, sind bei den genannten Kohlenvorkommen so vorzüglich erhalten, daß die mikroskopische Struktur bis ins einzelne bewahrt ist, so daß ihre Zugehörigkeit zu gewissen Pflanzen auf Grund dieser Struktur oft eindeutig bestimmt werden kann[1]).

Sehr bekannt, da in alle Lehrbücher und Schulbücher übergegangen, sind die Abbildungen aus den Braunkohlenflözen der Niederlausitz mit ihren noch aufrechtstehenden Stammstümpfen. Sie haben in der Geschichte der Erforschung der Braunkohlenbildung eine große Rolle gespielt. In den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden EBERDT und fast gleichzeitig mit ihm H. POTONIÉ auf diese berühmt gewordenen Lagerstätten aufmerksam. An äußerlich kenntlichem Pflanzenmaterial sind in der Kohle im allgemeinen nur die genannten Stammstümpfe auffällig, neben anderen oben genannten Objekten. Auf Grund unzureichender Kenntnisse der mikroskopischen Struktur der lebenden Koniferenhölzer war man bereits vor POTONIÉ zu der Meinung gelangt, daß die fraglichen Stämme sämtlich dem Holz jener vorn erwähnten nordamerikanischen Sumpfzypresse *(Taxodium distichum)* entsprächen. Da viele, besonders jüngere tertiäre Arten, nach der allgemeinen Annahme der Forschung heute noch in fast unveränderter Form und als ganz dieselben Arten fortexistieren — und dies gilt auch gerade für die fraglichen Sumpfzypressen, die im Tertiär auf der Nordhemisphäre eine weltweite Verbreitung besaßen —, so lag die Annahme auf der Hand, die die Braunkohle bildende Vegetation der damaligen (Miocän-) Zeit in diesen Gebieten mit den „cypress-swamps“ (Zypressensümpfen) zu vergleichen. Diesen Vorstellungen folgend, hatte auch POTONIÉ seine Rekonstruktionen der tertiären Braunkohlenvegetation angefaßt, und auch Verfasser war in derartigen bildlichen Darstellungen dieser Vorstellung gefolgt. Nun ergaben sich aber bei genauerer Betrachtung schon früher für diese Auffassung Schwierigkeiten. Sehr charakteristisch sind für die heutigen Sumpfzypressen die sogenannten „Kniee“ (Atem-

---

1) In den meisten Ländern der Erde (auch Europas) sind die tertiären Kohlen in einem bereits viel weiter vorgeschrittenen Stadium des Kohlungsvorganges. Sie sind viel homogener, glänzend-steinkohliger geworden; die in ihr noch erkennbaren Einzelteile zeigen eine viel weniger gut kenntliche Beschaffenheit als die unserer Braunkohlen.

wurzeln, Pneumatophoren): dicke, holzige, bis über einen Meter hohe, meist spitze, pfahlartig emporragende Auswüchse, die von den Wurzeln nach oben getrieben werden, wenn die Bäume mit ihren Wurzeln unter den Wasserspiegel geraten, oder überhaupt durch das Grundwasser ein entsprechender Anreiz da ist. In den heutigen Zypressensümpfen Nordamerikas tritt meist ein jährliches Steigen und Fallen des Wasserspiegels ein, so daß die Bildung solcher „Kniee" sehr begünstigt ist. Niemals hat man aber außer einigen spärlichen knolligen Auswüchsen, die vielleicht als gelegentliche schwache Ansätze in dieser Richtung bewertet werden können, trotz alles aufmerksamen Suchens derartige Kniee in den Braunkohlenflözen bemerkt. Da bei den noch aufrecht dastehenden Stämmen gerade die Wurzeln erhalten sind, so hätten an diesen ja noch an Ort und Stelle befindlichen Stämmen derartige Atemwurzeln unbedingt sehr häufig erhalten sein müssen; sie müßten im Flöz wie die Stämme in aufrechter Lage erhalten sein. Man hat sich über diese Schwierigkeit offenbar zu leicht hinweggesetzt.

In ein neues Stadium trat die Frage, als die anatomische Struktur der lebenden und früheren Koniferen durch die Studien des Verfassers und anderer genauer bekannt wurde, als dies vordem der Fall war. Hierbei zeigte sich einerseits, daß die Vergleichsmomente der früheren Autoren für die Bestimmung unserer Braunkohlenstämme durchaus nicht ausgereicht haben. Man konnte auf Grund dieser Untersuchungen bereits im Jahre 1906 feststellen[1]), daß außer dem viel berufenen *Taxodium* in der Braunkohle, und zwar in beträchtlicher Anzahl, eine *Sequoia*-Art vorhanden war, die nach dem Holz und auch nach den Zweigen und Zapfen, die sich in den Hangendtonen häufig finden, der heutigen *Sequoia sempervirens* der Gebirgstäler der kalifornischen Küste entspricht (*Sequoia Langsdorfii* Heer). Dieses seitdem auch an anderen Braunkohlenvorkommen bestätigte Verhältnis ließ es außerordentlich schwierig erscheinen, allgemein an eine Form dieser Braunkohlenvegetation nach Art der Überschwemmungssümpfe Floridas usw. zu glauben, und diese Vorstellung wurde noch fraglicher, als die

---

1) Die vom Verfasser und LINGELSHEIM für *Sequoia Langsdorfii-sempervirens* und *Taxodium distichum* gefundenen Merkmale sind vor einiger Zeit auch in dieser Zeitschrift besprochen worden von KUBART und KRÄUSEL (39, 1921, S. 26 u. 256). Ersterer hat die wertvolle Erkenntnis hinzugefügt, daß auch *Taxodium mucronatum* den Bau des *Taxodium distichum* hat. Die sich ergebenden ökologischen Fragen sind dort auch z. T. angedeutet worden.

auf Anregung des Verfassers auf den Gruben der „Ilse“ Bergbau A.-G. von Herrn Obering. TEUMER vorgenommenen Aufsammlungen, die genau nach den einzelnen Horizonten im Flöze erfolgten, und deren Bestimmung von KRÄUSEL und später noch einmal von TEUMER ausgeführt wurde, das erwartete Resultat ergaben, daß die fraglichen Koniferen in Mischbeständen in den Waldhorizonten der Flöze vorhanden waren. Für die *Sequoia* ergibt sich, daß ein Vorkommen nach Art der Zypressensümpfe für sie ausgeschlossen ist; es entstand die große Schwierigkeit, wie man sich diese beiden Bäume als Glieder einer und derselben Pflanzenformation zusammenreimen sollte. Ihre heutige örtliche Trennung würde kein Hindernis bedeuten, da bekanntermaßen diese wie andere heutige Koniferen nur noch als Überreste einer ehemaligen viel weiteren Verbreitung auf bestimmte Gebiete eingeengt wurden („lebende Fossilien“ DARWINs).

Wir müssen uns mit der Auffassung befreunden, daß die Oberfläche der Braunkohlenmoore des fraglichen Typus trockener gewesen ist, als man bisher annahm, keine Sumpfnatur besessen hat, d. h., daß im allgemeinen die Humusbildung über dem Grundwasserspiegel stattgehabt haben wird. Mit dieser Auffassung sind nun verschiedene andere Erscheinungen ebenfalls besser vereinbar, auf die man bisher wohl zu wenig achtgegeben hatte. Bei zutage tretendem Grundwasserspiegel müßte man erwarten, daß in der Kohle sich findende erkennbare Pflanzenreste vorwiegend oder ausschließlich von Wasser- und Sumpfpflanzen abstammten. Das ist aber nicht der Fall. Im Niederlausitzer Bezirk hat man in der Kohle öfter Samen von *Castanopsis Schmidtiana* (früher als Haselnuß, *Corylus avellana* bestimmt) gefunden, ferner Zweige von *Sequoia*, *Pinus*-Nadeln, *Elaeocarpus*-Samen und einiges andere. Die in der Gegend gefundenen Samen der Wassernuß *(Trapa)* und *Nyssa*-Bäume, echter Sumpf- und Wassergewächse, finden sich dagegen nicht in der Kohle, sondern in den Hangendtonen, zusammen mit anderen durch Wasser aus der Nähe zusammengeschwemmten Pflanzen. Man darf zwar annehmen, daß viele der Pflanzen, die sich in den Tonen erhalten finden, auch bei der Bildung der Braunkohle selbst beteiligt waren, und man weiß dies ja auch für viele derselben; man darf indes diesen Befund nicht verallgemeinern, und da ist es eben außerordentlich auffällig, daß zwei so leicht kenntliche Samenarten wie *Nyssa* und besonders *Trapa* sich dort noch nie in der Kohle gefunden haben, im Hangenden aber häufig sind.

Man hat ferner zu sehr schematisch das Profil der heimischen Moore auf die Braunkohlenflöze übertragen und mit Gewalt dieses in ihnen wiederzufinden versucht. So hat ETZOLD in der sächsischen älteren Braunkohle, die von dem obenerwähnten Typus übrigens abweicht, das Normalprofil: Hochmoor über Flachmoor über Faulschlammbildungen wiederzufinden geglaubt. Es hat sich aber leicht beweisen lassen, daß diese Deutung unrichtig war, und daß insbesondere die Liegendbank des Flözes keine Faulschlamm-Lebertorfbildung darstellt, sondern nur eine kompaktere Humuskohle.

Man darf indes auch hier nicht verallgemeinern. Es gibt sehr wohl Braunkohle mit Faulschlammbildungen im Liegenden und auch solche mit Wasserpflanzenresten darin. Dies ist schon seit langem bekannt; aber diese Braunkohlen, die z. B. im Vogelsberg usw. sich finden, stellen eben einen anderen Typus dar als die hier in Rede stehenden, die die Hauptmasse der mitteldeutschen Braunkohle stellen. In welchem näheren Verhältnis die erwähnte ältere (sächsisch-thüringische) mitteldeutsche Braunkohle zu dem Niederlausitzer Typus steht, soll hier nicht erörtert werden, da die Arbeiten hierüber noch im Gange sind und einer besonderen Arbeit vorbehalten bleiben sollen, die auf Anregung der RIEBECKschen Montanwerke in Angriff genommen worden ist.

Man hat, wie auch H. POTONIÉ, oft zum Vergleich mit den Stubbenhorizonten der Braunkohle vom Lausitzer Typus auf die Stubbenhorizonte in unseren Mooren hingewiesen. Aber hier ist die Gesamtentwicklung eine ganz andere. Über einem an der Basis vorhandenen Waldhorizont, meist Erle *(Alnus)*, folgen Birke *(Betula)* und schließlich Kiefernschichten. Hierbei bilden die genannten Bäume nur das herrschende Element, und besonders in den ersten Stadien sind andere Bäume beigemischt, abgesehen von der sonstigen Begleitflora. Zuletzt legt sich auf das ganze Moor die Hochmoordecke, charakterisiert durch die Torfmoose (Sphagnen), die zuletzt bei günstigen klimatischen Umständen die ganze Baumvegetation zum Ersticken und Verschwinden bringen und entweder keiner oder nur noch krüppelhaften Exemplaren der Kiefer *(Pinus silvestris)* ein Fortvegetieren gestatten. Ganz anders sieht das Braunkohlenprofil aus. Nehmen wir das von TEUMER genauest untersuchte Profil eines Flözes der Grube „Ilse", so sehen wir mitten im „Humus", im „Torf", wieder aufs neue in bald größeren, bald kleineren Abständen neue Waldhorizonte den unteren folgen, durch im allgemeinen stubbenfreie Stücke getrennt. Also im Humus der älteren Vegetation siedelt sich aufs neue dieselbe Pflanzen-

gemeinschaft an, die im nächstunteren und im nächstoberen Stubbenhorizont vorhanden ist. Man kennt zwar von dieser Pflanzengemeinschaft meist nur die beiden herrschenden Koniferen, neben denen aber, wie gefundene Samen usw. beweisen, ganz sicher auch zahlreiche Laubbäume vorhanden waren, die aus gewissen Gründen nur leichter zersetzt werden und sich daher nicht erhalten haben; aber nach den Erfahrungen der Pflanzenökologie muß man im allgemeinen eine ähnliche Begleitflora in den mit den gleichen Leitbäumen versehenen Waldhorizonten annehmen. Diese Folge von Waldvegetationen übereinander in den Humusmassen ist nur denkbar, wenn sich der Grundwasserspiegel entsprechend erhöhte, so daß den Bäumen genügend und entsprechende Nahrung zur Verfügung stand. Und dieses „Steigen" des Grundwasserspiegels hängt nach der Annahme der meisten Forscher damit zusammen, daß die Flözbildung in Senkungsgebieten stattfand, die die fertig gebildeten Humusmassen in tiefere Niveaus geraten ließ und damit ihre Erhaltung ermöglichte. Auch Anhänger der eigentlichen „Sumpftorfhypothese" für die Braunkohlenmoore brauchen zur Erklärung der sich darbietenden Erscheinungen die Theorie der Bodensenkung. Ja, ohne diese ist überhaupt die Entstehung so mächtiger Flöze, wie wir sie kennen, undenkbar, da sie weit über die größte Mächtigkeit der bekannten Torflager hinausgehen.

Man darf sich nun offenbar die Oberfläche der Braunkohlenmoore nicht zu trocken vorstellen. Das Grundwasser kann nicht weit unter Tage gelegen haben, und sicher sind da und dort auch Austritte desselben, also Wasserstellen, vorhanden gewesen. Der Mangel der Kniebildung bei den Sumpfzypressen hat mich daher auf den Gedanken gebracht, daß hier vielleicht gar nicht das *Taxodium distichum* vorliegen mag, sondern das *T. mexicanum (mucronatum)*, das man 1. als Vegetationsgenossen der *Sequoia* sich viel eher vorstellen kann als *T. dist.*, und 2. das, soviel bekannt, keine Kniee bildet. Im fossilen Zustande sind die beiden Taxodien weder im Holz noch in den Blättern zu unterscheiden, wie mir von anderer kompetenter Seite versichert wurde, und wie man auch beim Betrachten der Herbarexemplare selber sieht. Die Nadeln von *T. mexicanum* sind zum Teil robuster, fester gebaut und stärker kutikularisiert, wie mir FLORIN mitteilte. Dieser hat auch Material aus den alten aufgelassenen Gruben von Freienwalde untersucht, und die diese Braunkohle erfüllenden Zweige sind nach seiner Meinung viel eher mit dem mexikanischen als mit dem Sumpf-*Taxodium* zu vergleichen.

Alles in allem muß man sagen, daß genauere Untersuchungen wieder einmal eine Ansicht, die man für durchaus gesichert hielt, und die demgemäß schon eine Art Gemeingut der interessierten Wissenschaftler geworden war, umgestoßen haben. Die Genesis der Braunkohle birgt noch viele Probleme, bei der die Botanik zur Lösung wesentlich mithelfen muß.

Zur Beachtung! *Das Generalversammlungsheft (Schlußheft) für 1923 (Bd. XLI) erscheint etwa gleichzeitig mit diesem Heft und wird nur an die empfangsberechtigten Mitglieder als besondere Drucksache übersandt. Etwaige Reklamationen bitte an den Verlag zu richten.*

Wie Ende Februar den Mitgliedern durch Rundschreiben angekündigt worden war, ist im Februar **Heft 1 nicht erschienen,** *sondern Ende März ein* **Doppelheft,** *das wegen einer für den Postzeitungsvertrieb geltenden postalischen Bestimmung die Bezeichnung* **Heft 2** *trägt.* **Der Jahrgang 1924 beginnt also mit Heft 2!**

Einladung.

Die diesjährige

Generalversammlung

der

Deutschen Botanischen Gesellschaft

findet statt am

Donnerstag, den 7. August, zu Berlin-Dahlem

um 9 Uhr vorm. im Pflanzenphysiologischen Institut.

Vorträge sind bis zum 15. Juni d. J. bei dem Stellvertretenden Präsidenten, Herrn Geheimrat Prof. Dr. CORRENS, Berlin-Dahlem, Boltzmannstraße anzumelden.

Die Versammlung der Freien Vereinigung für Systematik und Pflanzengeographie findet vorher (am 4. August in Stettin), die der Vereinigung für angewandte Botanik nachher (am 8. August in Berlin-Dahlem) statt.

Sitzung vom 28. März 1924.

Vorsitzender: Herr R. PILGER.

Der Vorsitzende teilt mit, daß mehrere Mitglieder schon vor einiger Zeit verstorben sind, was aber erst jetzt bekannt geworden ist, so daß eine Mitteilung bisher in den Berichten nicht gegeben werden konnte. Es handelt sich um folgende Mitglieder, deren Hinscheiden die Gesellschaft zu beklagen hat:

Dr. **A. Artari,**

Privatdozent in **Moskau,** Botanisches Laboratorium der Technischen Hochschule,

A. Borzi,

Professor und Direktor des Botanischen Gartens und des Pflanzenphysiologischen Institutes in **Palermo,**

Dr. **Karl Gerhardt,**

Leiter der Flußüberwachungsstelle in **Vacha** (Rhön), verstarb am 16. Juni 1922,

Dr. **P. Hinneberg**

in **Altona-Ottensen,** Mitglied der Gesellschaft seit dem ersten Jahr ihres Bestehens,

Dr. **Joseph Nevinny,**

Professor in **Innsbruck,** Pharmakologisches Institut,

Dr. **Warwara von Polowzow**

in **Petersburg,** Botanisches Laboratorium der Universität,

Dr. **Kyriak Stameroff,**

Dozent der Botanik in **Odessa.**

Die Anwesenden erheben sich zu Ehren der Verstorbenen von ihren Plätzen.

Als neue Mitglieder werden vorgeschlagen:

Gehring, Dr. **Alfred,** Privatdozent in **Braunschweig,** Steintorwall 1 (durch F. J. MEYER und A. ZIMMERMANN),

Lorbeer, Gerhard, cand. rer. nat. in **Würzburg,** Botanisches Institut (durch H. KNIEP und A. Th. CZAJA),

Tereg, Frl. **Elinor,** Studienassessor in **Hannover-Linden,** Falkenstr. (durch G. BERTHOLD und H. BURGEFF).

Der Vorsitzende teilt mit, daß an unser Mitglied, Herrn Geh. Rat A. ENGLER, zu seinem 80. Geburtstage am 25. März d. J. vom Vorstand im Namen der Gesellschaft eine Glückwunschadresse gerichtet worden ist.

Der Vorsitzende gibt bekannt, daß Herr Dr. R. THOST die KARL-HEINZ-THOST-Stiftung der Gesellschaft durch eine neue Spende erweitert hat. Herr Dr. THOST stellt einen Betrag von 500 Goldmark zur Verfügung als Preis für eine in Jahresfrist zu liefernde botanische Untersuchung. Der Vorstand hat die Spende mit Dank angenommen. Das Thema für die Preisarbeit wird von einer durch den Vorstand zu ernennenden Kommission gestellt und voraussichtlich im nächsten Heft zusammen mit den näheren Bedingungen des Preisausschreibens veröffentlicht werden.

Bezüglich der diesjährigen Naturforscher-Versammlung sind folgende Schreiben eingegangen:

1. „In der Zeit vom 21. bis 26. September tagt in Innsbruck die Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte. Die unterzeichneten Einführenden der Botanischen Sektion stellen hiermit die Bitte, Vorträge möglichst bald anzumelden. Denn wenn auch nach der Gepflogenheit der Vereinsleitung die angemeldeten Vorträge nicht nach der Reihenfolge der Anmeldung, sondern nach dem Bedürfnisse sachlicher Gruppierung in die Tagesordnung kommen, so ist doch möglichst rechtzeitige Kenntnis der zu gewärtigenden Vortrags-Themata eben wegen der Feststellung des Programmes sehr erwünscht. Es liegt dies auch im Interesse der Herren Vortragenden, da nur solche Vorträge, die bis äußerstens 15. Juni bei der Sektionsleitung angemeldet sind, in der anfangs Juli erscheinenden ausführlichen Einladung angeführt werden können. Vorträge, die bis dahin nicht angemeldet wurden, können, falls nachträgliche Bekanntgabe bis spätestens 15. August erfolgt, noch in die erste Nummer des Tagblatts aufgenommen werden.

Außer Vorträgen werden besonders zusammenfassende Referate über aktuelle Themen gewünscht, welche je nach dem Umfange des Interessentenkreises in gemeinsamen Sitzungen mehrerer Sektionen zum Vortrage kommen sollen. Für derartige Referate liegt besonderes Bedürfnis nach frühzeitiger Anmeldung vor. Für Anmeldungen bzw. Anregungen zu solchen Referaten wäre die Sektionsleitung sehr dankbar.

gez. E. HEINRICHER. gez. Ad. WAGNER."

2. „Entsprechend dem Beschluß auf der vorjährigen Jahresversammlung in München wird die Deutsche Gesellschaft für Vererbungswissenschaft 1924 keine eigene Versammlung abhalten, jedoch wird entsprechend dem Vorschlag der Gesellschaft auf der diesjährigen Naturforscherversammlung in Innsbruck eine besondere Abteilung für Vererbungswissenschaft geschaffen. Einführender dieser Abteilung 13 ist Professor Dr. A. SPERLICH, Innsbruck, Botanisches Institut, bei dem für die Abteilung bestimmte *Vorträge bis spätestens 15. Juni anzumelden sind.*

Als Hauptvortrag ist angekündigt: E. BAUR, Die Bedeutung der Mutationen, besonders der Kleinmutationen, für die Evolution."

Der Vorsitzende teilt mit, daß eine Einladung zu dem 4. internationalen pedologischen Kongreß eingegangen ist, der in Rom vom 12.—19. Mai d. J. stattfindet.

Herr R. KOLKWITZ legte Plankton-Membranfilter mit Porenweiten von 2 μ und 4 μ vor (DE HAËN, Seelze bei Hannover). Die Filter waren von ihm für den Gebrauch im Freien hergerichtet; sie ermöglichen ohne Zentrifuge schnelles und leichtes Einsammeln größerer Mengen von lebendem Nannoplankton aus Meeren, Seen, Brunnen usw.

Mitteilungen.

14. E. Bachmann: Adventivsprossung im Innern eines Cladoniafruchtstieles.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 1. Januar 1924. Vorgetragen in der Februarsitzung.)

Adventivsprosse werden an den Fruchtstielen von *Cladonia* nicht selten gefunden; an den spießigen Formen mancher Arten können sie sogar sehr reichlich auftreten und mehrere Zentimeter lang werden. Sie sind ebenso gebaut wie der Hauptsproß, entstehen durch Differenzierung des in ihrem Vegetationspunkt sitzenden Meristems, und dieses nimmt seinen Ursprung in der Gonidienzone, wahrscheinlich meist in ihrer äußeren Hälfte. Durch interkalare Streckung des Stammaußenmarks gelangt das jugendliche Gewebe nach Durchbrechung der Rinde nach außen, um dann, geotropischen, vielleicht auch phototropischen Reizen folgend, senkrecht nach oben zu wachsen.

Ganz ausnahmsweise kann die Durchbrechung auch nach innen erfolgen: der Sproß wächst dann in der Zentralhöhle des Stammes senkrecht empor, so daß sich hier auf einer gewissen Strecke zwei Fruchtstiele konzentrisch umgeben. Dieser Fall ist mir nur einmal vorgekommen, und zwar bei der Zerlegung einer aufrechten, endständigen Pilzgalle von *Cl. cornuta* (L.) Schaer. aus Uppland in Schweden. Wie selten diese Erscheinung ist, geht daraus hervor, daß sie unter einigen tausend verpilzten und unverpilzten *Cladonia*fruchtstielen, die ich in den letzten 4 Jahren untersucht habe, nur dieses eine Mal aufgetreten ist. Aus der Beschaffenheit des Innensprosses lassen sich gewisse Schlüsse von allgemeiner Bedeutung ziehen, weshalb es mir erlaubt sein möge, näher darauf einzugehen.

Das 8,3 mm lange Stielende ist von unten nach oben in etwa 32 Schnitte von 10 μ, darauf in 34 von 15 μ Dicke zerlegt worden. Auf den schmalen graugrünen Grund folgte eine ungefähr 3 mm breite gelbe Zone, den Schluß bildete das fast 5 mm lange, dunkelbraune, grobhöckerige Stielende mit einem höchsten Durchmesser von 1768 μ gegen 858 μ Durchmesser am gesunden Stielgrund. Dieser stark erweiterte, dunkelbraune Abschnitt war

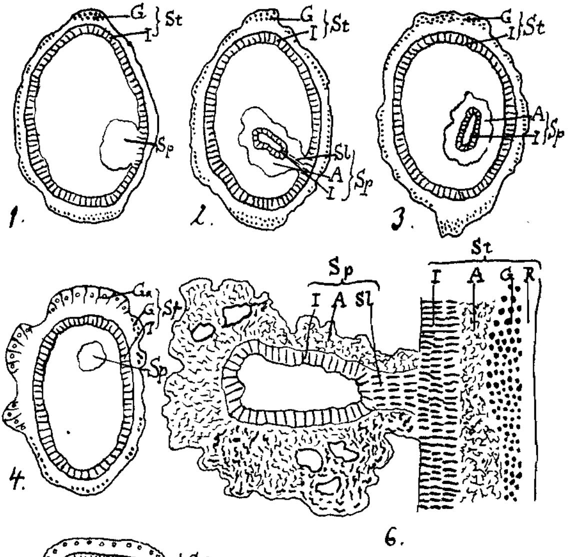
in seiner ganzen Länge vom Gallenpilz befallen, der darunter befindliche gelbe war zwar pilzfrei, aber durch Reizwirkung des Gallenerregers krankhaft verändert. In dieser Region, aber nahe an der Grenze der dunkelbraunen verpilzten, ist der Adventivsproß entsprungen. Da er bloß 0,5 mm lang geworden ist, reicht etwas mehr als seine oberste Hälfte in das verpilzte Gebiet hinein, aber nicht bis zu dem Längsspalt, durch den dieses an der Spitze zerrissen ist.

Die Querschnitte durch den feinhöckerigen Grund des Stielendes zeigten große Beständigkeit der Rinde und des Innenmarks, sehr wechselnde Mächtigkeit des Außenmarks und der Gonidienzone. An Talstellen sind beide dünn, an Hügelstellen mächtig und schichtenreich. Aus 3 Talstellen sind folgende Durchschnittswerte berechnet worden: M = 140,7 μ; Mg = 5,7 μ; V = 4,5%; Ms = 0,33. 6 Messungen an einem ausgedehnten Hügel ergaben bei ungefähr 40 μ Abstand der einzelnen Meßstellen für M = 180,6 μ; Mg = 42,0 μ; V = 23,2%; Ms = 4. Hierbei bedeutet **M** die mittlere Gesamtmächtigkeit einer Wandstelle, **Mg** die mittlere Mächtigkeit der Gonidienzone, V das Verhältnis beider, wenn M = 100 gesetzt wird, **Ms** das Mittel aus der Schichtenzahl der Gonidienzone.

In dem zweiten, gelb aussehenden Abschnitt ist die Wand krankhaft verändert, ohne daß man von den Hyphen des Gallenpilzes etwas in ihr finden kann. Die auffallendste Veränderung besteht in der geringen Mächtigkeit der Wand: an den dünnsten Stellen beträgt sie nicht über 28,2 μ, an den dicksten 103,4 μ; dort besteht sie bloß aus Innenmark, hier sind auch die drei Außengewebe vorhanden. Die Gonidien sind alle durch Kleinheit ausgezeichnet, nicht wenige von ihnen sind degeneriert. Alle Bestandteile des Flechtenpilzes sind gebräunt, am stärksten das Innenmark, am schwächsten die Rinde.

Der dunkelbraune Abschnitt ist in seiner ganzen Länge, wenn auch nicht überall, allseitig vom Gallenpilz befallen und besitzt in den infizierten, stark verdickten Fruchtstielwänden nur entleerte oder wenigstens degenerierte Algenzellen.

Die Beschaffenheit des Adventivsprosses wird durch Beschreibung von Querschnitten aus verschiedenen Höhen am besten klargemacht werden können: Der erste, tiefste (Fig. 1), zeigte ein 390 μ langes und 246 μ breites, lückenreiches, farbloses Plektenchym ohne jede Differenzierung. Es ist in seiner ganzen Breite dem Innenmark der rechten Seite des Stammquerschnittes angeheftet. Bei stärkerer Vergrößerung (320 fach) läßt sich unzweifelhaft feststellen, daß Hyphen dieses Plektenchyms aus dem Innenmark



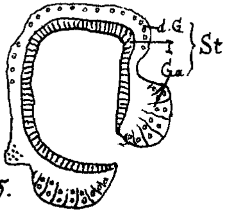


Abb. 1.

Fig 1. Erster Querschnitt durch den dem Hauptstamm lose anhaftenden Adventivsproß.

Fig 2. Dritter Querschnitt: der Adventivsproß ist durch ein Stielchen mit dem Hauptstamm verbunden.

Fig 3. Zweiundzwanzigster Querschnitt des Adventivsprosses liegt lose in dem des Hauptstammes.

Fig 4. Vorletzter Querschnitt des Adventivsprosses.

Fig. 5. Querschnitt durch den Hauptstamm oberhalb der Spitze des Adventivsprosses, bei s längsgespalten.

Fig. 6. Dritter Querschnitt durch den Adventivsproß und sein Stielchen in Verbindung mit dem Hauptstamm, stärker vergrößert.

Alles Nähere im Texte. Die Zeichnungen sind schematisch gehalten. Vergr. für Fig. 1—5 = 18/1, für Fig. 6 = 75/1.

Erklärung der Buchstaben: A = Außenmark, G = Gonidienzone, dG = degenerierte Gonidien, Ga = vom Gallenpilz befallene Stellen der Wand des Hauptstammes, I = Innenmark, R = Rinde, Sl = Stielchen des Adventivsprosses, Sp = Adventivsproß, St = Hauptstämmchen.

hervorgesprossen sind; die der Zentralhöhle zunächst gelegenen Zellen desselben haben ihre Wachstumsrichtung (parallel mit der Längsachse des Fruchtstiels) aufgegeben, ihren Zusammenhang gelockert und sind haarähnlich in den freien Raum hineingewachsen.

Im dritten Querschnitt ist das Plektenchym, wie Fig. 2 zeigt, bereits zu Innen- und Außenmark differenziert. Jenes bildet um eine 187 μ lange und 85 μ breite Höhlung einen elliptischen Ring von 20—32 μ Mächtigkeit; er besteht aus echtem Prosoplektenchym, dessen Fasern parallel zur Längsachse des Sprosses verlaufen, und hängt durch einen 85 μ langen, 40 μ dicken Stiel mit dem Innenmark des Hauptstiels zusammen. Auch das Gewebe dieses Verbindungsstielchens ist prosoplektenchymatisch, aber seine Hyphen verlaufen rechtwinklig zur Längsachse der beiden Sprosse und bestehen aus 4 μ dicken, 8—12 μ langen Zellen, deren Plasmafaden 1 μ dick und schwarz gefärbt ist. Da außerdem die Wände dieses Stranges bläulich gefärbt sind, hebt er sich durch dunklere Färbung deutlich von seiner Umgebung ab, einer bis 30 μ mächtigen Schicht hellen, lockeren Plektenchyms von der gleichen Beschaffenheit wie das des ersten Querschnittes und wie dasjenige, das den elliptischen Innenmarksring in ungleicher Dicke bekleidet. Es muß als das Außenmark des Adventivsprosses angesehen werden, ist 16—112 μ mächtig und an den dicksten Stellen von großen Lücken unterbrochen (Fig. 6). — Das Fasergewebe des kurzen Stielchens muß als Zuleitungsbahn für die Nährstoffe gedient haben, die der Adventivsproß zu seinem Wachstum nötig gehabt hat. Dafür spricht auch der Umstand, daß sich das Innenmark des Hauptstämmchens an der Ursprungsstelle des Adventivsprosses auffallend verändert hat: es ist plasmareicher, dünnwandiger geworden, und seine Wände haben denselben bläulichen Ton angenommen wie die des Stielchens. Es hebt sich deshalb durch größere Dunkelheit von dem normalen, ebenso dickwandigen wie plasmaarmen Innenmark, dessen Funktion nach ZUKAL die eines Stützorgans ist, wesentlich ab. Dazu kommt endlich, daß es an dieser Stelle von einer 4—6schichtigen Gonidienzone mit durchaus lebenskräftigen und großen Algenzellen überlagert wird. Die hier erzeugten organischen Assimilate gelangen durch die dunkle Stelle des Stamminnenmarks in das Stielchen und von diesem in den Adventivsproß, der in seiner ganzen Länge nicht eine einzige Gonidie besitzt, wie die folgenden Querschnitte beweisen.

Der nächste, vierte der ganzen Reihe, weist auch noch die stielartige Verbindung des Adventivsprosses mit dem Hauptsproß auf, aber das Stielgewebe besteht nur aus lockerem Plektenchym,

ein Beweis, daß der Querschnitt das Stielchen nicht median getroffen hat, sondern nur durch seine lockere filzähnliche Außenhülle hindurchgegangen ist. Alle folgenden Querschnitte (Fig. 3) lassen die Verbindung des Sprosses mit dem Stamm vermissen; der Sproßquerschnitt liegt lose inmitten des Stammquerschnittes.

Im 10. Schnitt betrugen die Stammdurchmesser 1330·1026, die des Sprosses 417·255 μ. Das Sproßinnenmark war nicht über 17 μ, das Außenmark 43—119 μ mächtig. Jenes hat ganz dichten Bau, besteht aber nicht allein aus kreisrunden, sondern auch aus gestreckten Zellen, ein Beweis, daß seine Hyphen nicht so streng wie beim Stamminnenmark mit der Längsachse des Sprosses parallel laufen. Die Lockerheit des Außenmarks nimmt von innen nach außen zu und ist an dem Umfang stellenweise so groß, daß die Hyphen papillen- oder sogar haarähnlich vorspringen, nirgends aber sich zu rindenartiger Dichte zusammenschließen. Der Sproß hat das auch nicht nötig, weil er in einem gegen die Unbilden der Witterung geschützten, häufig geradezu dampfgesättigten Raume lebt.

In den folgenden Querschnitten bleibt alles wie bisher, nur die Durchmesser nehmen langsam ab. Im 22. wurde das Stämmchen 1144·908 μ, der Sproß 362·204,6 μ groß gefunden; die beiden Höhlungen maßen 818,6·661 und 173·78,7 μ. In der Wand des hier noch nicht verpilzten Hauptstammes sind folgende Durchschnittswerte gemessen und errechnet worden: M = 140,5 μ; Mg = 23,2 μ; V = 16,5%; Ms = 3,17, hiervon 1,33 degeneriert. Im Adventivsproß hat das bis 20 μ mächtige Innenmark nicht mehr den bläulichen Schimmer wie am Grunde, sondern sieht gelblich aus; seine Zellen sind 4 μ dick und besitzen einen Plasmafaden von höchstens 0,5 μ Dicke, ebenso wie die des Außenmarks, dessen Hyphen jedoch 5—7 μ dick werden und völlig farblos sind. Darum ist der Gesamteindruck dieses Außengewebes auffallend hell.

Von der Spitze des Sprosses sind leider etliche Querschnitte bei der Übertragung auf den Objektträger verlorengegangen, so daß der Bau des Vegetationspunktes nicht ganz sicher erkannt werden konnte. Glücklicherweise war der vorletzte Querschnitt erhalten geblieben; er weist eine ganz andere Beschaffenheit auf als die vorhergehenden (Fig. 4): Die Zentralhöhle fehlt gänzlich; der ungefähr kreisrunde Raum mit einem Durchmesser von 154 μ wird vollständig von einem Plektenchym erfüllt, daß dem Außenmark der tiefer gelegenen Schnitte in allen Punkten gleicht, nur noch lockerer, lückenreicher ist. Außerdem wird es am Umfang durch einen 8—10 μ breiten Saum gelbbräunlicher Hyphen be-

grenzt, die sich fast rindenartig eng aneinander gelegt haben. Die Abweichung von den unteren Querschnitten erklärt sich meines Erachtens daraus, daß die Galle des Hauptstammes weiter oben längsgespalten ist (Fig. 5). Dadurch ist die Sproßspitze dem Zutritt der Luft mehr ausgesetzt worden als seine tieferen Teile, und sie hat dagegen reagiert durch Zusammenschluß der Hyphen und Bräunung ihrer Wände. Wäre der letzte Schnitt erhalten geblieben, so würde er, wie die äußerste Spitze der Vegetationspunkte aller anderen Podetien, nichts als dieses bräunliche Gewebe, und zwar in Form eines nicht ganz lückenlosen kreisrunden Plektenchyms gezeigt haben.

Am auffälligsten ist das Fehlen des alle normalen Sproßspitzen auszeichnenden kleinzelligen, plasmareichen, dünnwandigen Meristems, und das kann wohl aus dem Mangel an organischer Nahrung erklärt werden: ohne eigene Gonidien, nur auf die wenigen Algenzellen des Hauptsprosses an seiner Ursprungsstätte angewiesen, wird der Innensproß offenbar so spärlich mit stickstoffhaltigen Nährstoffen versorgt, das sein Meristem bereits in Dauergewebe umgewandelt war, bevor er 0,5 mm Länge erreicht hatte. Denn das Wachstum dieses Sprosses ist in 2 Abschnitten erfolgt: 1. Das im Innenmark des Hauptstammes entstandene Meristem (Primordium) ist infolge interkalaren Wachstums desselben Innenmarks wagerecht fortbewegt worden und so in das Innere der Zentralhöhle gelangt. 2. Von jetzt an hat das Meristem, als richtiger Vegetationskegel senkrecht emporwachsend, erst die Zentralhöhle angelegt, dann sich zu Innen- und Außenmark differenziert, zuletzt sich in Außenmark mit dünner, rindenähnlicher Schicht umgewandelt.

Wäre der Sproß statt nach innen nach außen durchgebrochen, so würde seine Oberfläche alsbald durch angeflogene Gonidien oder Soredien mit diesen unentbehrlichen Symbionten des Flechtenpilzes bedeckt worden sein. Sie wären von den vorspringenden Außenmarkshyphen ergriffen und zu einer rindenbedeckten Gonidienzone oder einer mehligen Soredialschicht zusammengeschlossen worden. Von dieser weit hinaufreichenden Nährschicht hätten der äußersten Spitze soviel stickstoffhaltige Nährstoffe geliefert werden können, daß ihr Meristem erhalten geblieben wäre und der Sproß *nicht schon bei 0,5 mm Länge sein Wachstum eingestellt hätte.*

Nach der Zerlegung gesunder Fruchtstielspitzen in 10 μ dicke Quer- und Längsschnitte fällt der Gegensatz zwischen diesen und dem inneren Adventivsproß sofort ins Auge: unter der etwa 8 μ mächtigen braunen Rindenkappe liegt ein 40 μ hoher und an der

Basis mindestens doppelt so breiter Kegel von ganz dunklem Paraplektenchym, dessen Zellen bei 3 μ Durchmesser einen 1,5 μ dicken Protoplasten besitzen. Darauf folgt eine 20 μ dicke Scheibe mit Zellen, die schon etwas in Richtung der Längsachse gestreckt sind (4—5 μ lang, 3 μ dick, Protoplast 1—1,5 μ dick). Der 7. Querschnitt zeigte in der Mitte bereits eine kleine dreieckige Öffnung, den Anfang der Zentralhöhle. Je weiter abwärts, desto mehr erweitert sich diese und desto mehr strecken sich die der Höhlung zunächst liegenden Zellen, anders gesagt, um so deutlicher tritt die Differenzierung von Innen- und Außenmark ins Auge. Gonidien finden sich schon im 5. Querschnitt an einer, im 6. an drei Seiten des Umfanges, allerdings nur in 2—3zelligen Gruppen. Dasselbe konnte an Längsschnitten bestätigt werden.

Die wichtigsten Eigentümlichkeiten des beschriebenen inneren Adventivsprosses sind folgende: 1. Die geringe Mächtigkeit des Innen- gegenüber der hohen Mächtigkeit des Außenmarks erklärt sich daraus, daß jenes als Stützorgan sehr wenig beansprucht wird. 2. Die ungewöhnliche Wanddicke und Plasmaarmut der Außenmarkhyphen kann ebenso wie die baldige Umwandlung des Spitzenmeristems in Dauergewebe nur aus unvollständiger, einseitiger Ernährungsweise erklärt werden. Diese hat ihren Grund in der dritten Eigentümlichkeit, dem Fehlen der Gonidien, woraus sich als vierte das Fehlen der Rinde ergibt.

Aus diesen Bau- und Wachstumsverhältnissen müssen folgende Folgerungen gezogen werden:

1. Ein von der Außenwelt sorgfältig abgeschlossener *Cladonia*sproß bringt nicht aus sich selbst Gonidien hervor. Bestünde die alte KOERBERsche, zuletzt von ELFVING[1]) verteidigte Ansicht zu Recht, so könnte man nicht einsehen, warum dieser kleine Sproß, nachdem er ein verhältnismäßig sehr mächtiges Außenmark gebildet hat, an diesem nicht auch Gonidien erzeugte. Freilich hätte deren Inhalt in dem dunklen Innenraum nicht ergrünen können; es wäre darum leicht möglich gewesen, sie zu übersehen. Allein dann müßten ihre Wände nach Zusatz guter Zinkchlorid-Jodlösung weinrot werden, die des Flechtenpilzes farblos bleiben. Sie sind jedoch alle farblos geblieben, folglich können die Außenmarkhyphen keine Gonidien hervorbringen.

2. Daß die Gonidienbekleidung aller *Cladonia*podetien von angeflogenen Algenzellen oder Soredien abstammt, ist bereits

---

1) ELFVING, FRDR., Untersuchungen über die Flechtengonidien. Act. Soc. Scient. Fenn. T. 54, Nr. 2. Helsingfors 1913.

vor mehr als 30 Jahren durch KRABBE[1]) bekanntgeworden, wird aber immer noch von manchen Botanikern bezweifelt. In dem oben geschilderten Falle wird die KRABBEsche Behauptung durch einen sozusagen von der Natur selbst angestellten Versuch als richtig bestätigt.

3. Nach den an pleurokarpen[2]) und pyknothelizen[3]) *Cladonia*-formen gemachten Beobachtungen ist das Innenmark das einzige Dauergewebe, das nicht in Meristem übergehen kann. Der innere Adventivsproß zeigt, daß ausnahmsweise, vielleicht unter der Reizwirkung des benachbarten Gallenpilzes, auch dieses trägste aller Flechtengewebe einem Seitensproß den Ursprung geben kann.

1) KRABBE, G., Entwicklungsgesch. u. Morphologie der polymorphen Flechtengattung *Cladonia*. Lpzg. 1891.

2) BACHMANN, E., Über Pleurokarpie bei *Cladonia*. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. Bd. 40, S. 360.

3) BACHMANN, E., Über Pyknothelizie bei *Cladonia*. Ebend. Bd. 41, S. 103.

15. W. Nienburg: Die Wirkung des Lichtes auf die Keimung der Equisetumspore.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 4. Januar 1924. Vorgetragen in der Februarsitzung.)

Gelegentlich einer Untersuchung über die Polarisation der *Fucus*eier durch das Licht, die sich hauptsächlich mit der Frage beschäftigte, ob die Richtung des Lichtes oder die Intensitätsunterschiede das Wirksame sei, hatte ich mich auch vergeblich bemüht, Klarheit darüber zu gewinnen, ob das Plasma oder der Kern der Eier zuerst polarisiert würde[1]). Ich hatte schon damals darauf hingewiesen, daß die *Equisetum*-Sporen wahrscheinlich günstigere Objekte zur Lösung dieser Frage seien als die *Fucus*eier, und will jetzt über einige Beobachtungen, die ich an diesen machen konnte, berichten, nachdem ich die augenblickliche Lage des Problems kurz dargestellt habe.

Die Sporen von *Equisetum* sind diejenigen Objekte, an denen die polarisierende Wirkung, die das Licht auf manche Pflanzenkeimlinge ausübt, zuerst festgestellt wurde. STAHL hat darüber eine Mitteilung gemacht[2]) und gefunden, daß die erste Wand in der keimenden Spore, die die Rhizoidzelle von der Prothalliumzelle trennt, stets senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen orientiert ist, und daß die Rhizoidzelle an der vom Licht abgekehrten Seite angelegt wird. Später wurde dann von verschiedenen Forschern beobachtet, daß die Fucaceeneier sich ähnlich verhalten. Der Unterschied war nur der, daß bei diesen die Ausstülpung des Rhizoidschlauches viele Stunden vor der ersten Wandbildung erfolgte, während bei *Equisetum* die uhrglasförmige erste Wand schon entsteht, während die Spore noch vollkommen rund ist. Diese Tatsache, daß an der äußeren Gestalt der Spore zunächst gar nichts geändert wird, und die erste sichtbare Wirkung des Lichtes in der Bildung zweier Kerne besteht, die in der Lichtrichtung hintereinander liegen, zwischen denen dann die Wand entsteht, erweckte in STAHL die Vorstellung, daß das Primäre bei dem ganzen Vorgang die Einstellung der Kernteilungsfigur in die Licht-

1) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 40, 1922, und Wissensch. Meeresuntersuch. N. F. Abt. Helgoland, XV, 1922.

2) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 3, 1885.

richtung sei: „Es wird also der zur Teilung sich anschickende Kern gezwungen, sich in einer durch die Lichtstrahlen bedingten Richtung zu teilen; die Achse der Kernfigur koinzidiert mit der Richtung der dominierenden Lichtstrahlen“ (STAHL a. a. O. S. 339).

Diese Auffassung hat auch die Untersucher der *Fucus*eierpolarität teilweise beeinflußt. Man hat im Anschluß an gewisse zoologische Beobachtungen die Vermutung ausgesprochen, daß Kerne durch das Licht in bestimmte Lage gedreht würden. Andere Forscher neigten aber auch dazu, die Einstellung des Kerns als sekundär zu betrachten, besonders weil bei den Fucaceen die Keimung schon vor der ersten Kernteilung vor sich geht. Eine voraufgehende Drehung des Kerns ist dabei allerdings nicht ausgeschlossen, und es wäre denkbar, daß sich das an der Stellung des Zentriols kontrollieren ließe. Meine Bemühungen in dieser Richtung sind wegen der schweren Differenzierbarkeit des Zentriols der ruhenden *Fucus*kerne ergebnislos gewesen. Andererseits war aber auch nichts davon zu sehen, daß das Plasma des vom Licht schon polarisierten, aber noch nicht gekeimten Eies in irgendeiner Weise morphologisch differenziert ist. Die oben gestellte Frage war deshalb für *Fucus* nicht zu lösen. Bei *Equisetum* lagen die Verhältnisse insofern günstiger, als die Kernteilung sehr frühzeitig erfolgt. Andererseits war es nicht ausgeschlossen, daß auch schon im Plasma der noch nicht gekeimten, aber schon durch das Licht polarisierten Spore morphologische Differenzierungen vor der Kernteilung zu erkennen sind, weil nach STAHL die kleine Zelle, aus der das Rhizoid hervorwächst, chlorophyllärmer ist als die große. Es war mir deshalb sehr willkommen, daß ich nach meiner Übersiedlung von Helgoland nach Kiel Gelegenheit hatte, die *Equisetum*sporen zu untersuchen.

Ich arbeitete mit Sporen von *Equisetum arvense*, *E. silvaticum* und hauptsächlich mit denen von *E. limosum*, das den Vorteil hat, daß sich seine Blütezeit über längere Zeit verteilt.

Es mußte zunächst festgestellt werden, ob auch von den *Equisetum*sporen der Intensitätsunterschied und nicht die Lichtrichtung perzipiert wird, wie sich das bei den *Fucus*eiern gezeigt hatte. Die Versuche wurden in genau derselben Weise angestellt wie bei den *Fucus*eiern. Ich kann deshalb hinsichtlich der Versuchsanordnung auf die früher gegebene Schilderung verweisen (Wiss. Meeresuntersuch. 1922). Bei wiederholten Prüfungen war das Ergebnis immer, daß die Rhizoidzelle bei teilweise von unten beleuchteten Sporen auf der dunkelen Seite entstand, die erste Wand also parallel zur Lichtrichtung angelegt wurde, während sie

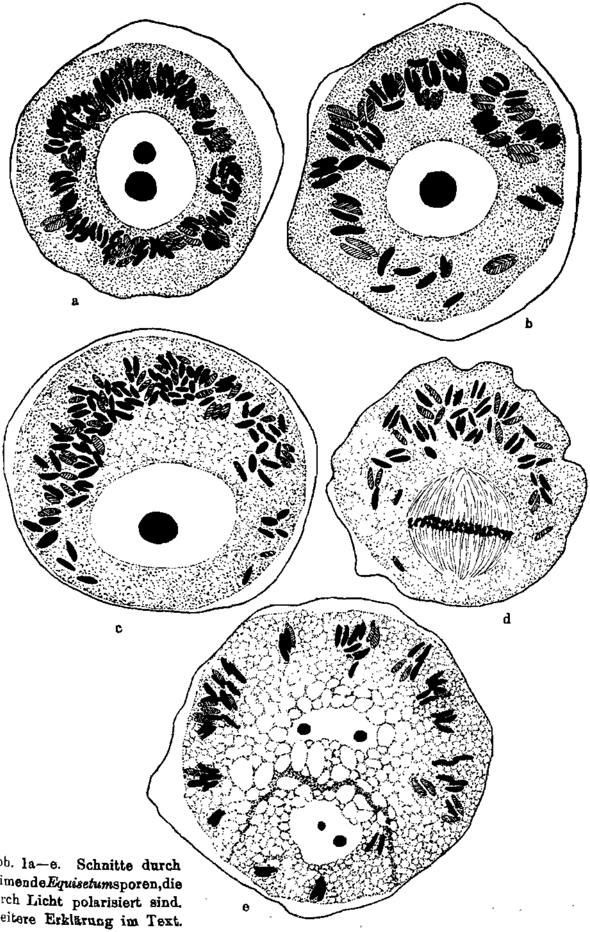


Abb. 1a—e. Schnitte durch keimende *Equisetum*sporen, die durch Licht polarisiert sind. Weitere Erklärung im Text.

bei gleichmäßig von einer Seite her beleuchteten Sporen immer senkrecht zur Lichtrichtung steht. Auch für *Equisetum* ergab sich also, daß nicht die Lichtrichtung, sondern der Intensitätsunterschied des Lichtes die polarisierende Wirkung ausübt.

Die Hauptfrage, ob diese Wirkung sich zuerst im Plasma oder am Kern äußere, ließ sich nicht ohne zytologische Untersuchung lösen, und zwar mußten die Sporen in genau derselben Lage, in der sie vom Licht getroffen waren, fixiert und weiter behandelt werden. Zu diesem Zwecke wurden sie in 5 % Gelatine ausgesät und nach dem Erstarren einseitigem Lichteinfall im Dunkelzimmer ausgesetzt. Nach 6 bzw. 12 Stunden wurden Gelatinestücke mit den gekeimten Sporen in schwacher FLEMMINGscher Lösung fixiert. Die Gelatinestücke wurden so zugeschnitten, daß man die Lichtrichtung während des Versuches auch später erkennen konnte. Die in Paraffin eingebetteten Stücke wurden geschnitten und mit Safranin-Gentianaviolett-Orange gefärbt.

Nach den so gewonnenen Präparaten sind die Zeichnungen Abb. 1a—e hergestellt, und zwar stammen Abb. 1a—c von Präparaten, die nach 6, und d—e von solchen, die nach 12 Stunden fixiert wurden. Bei allen hat man sich die Richtung des Lichtes in der Bildebene von oben einfallend zu denken. Man sieht, daß in der noch nicht gekeimten Spore der Kern zentral gelagert und von einem dichten gleichmäßigen Chromatophorenkranz umgeben ist (Abb. 1a). Das erste Anzeichen der Keimung äußert sich darin, daß der Chromatophorenkranz und die Chromatophoren nach der Lichtseite hin zu wandern beginnen, während der Kern in seiner zentralen Lage beharrt (Abb. 1b). Wenn die Hauptmasse der Chromatophoren sich an der Lichtseite gesammelt hat und nur noch ganz vereinzelte an der Schattenseite zurückgeblieben sind, beginnt der Kern sich etwas exzentrisch an die Schattenseite zu verlagern (Abb. 1c). Während dieser ganzen Vorgänge befindet er sich noch vollständig in Ruhe. Erst jetzt tritt die Kernteilung ein (Abb. 1d). Die Achse der Kernspindel ist dabei in der Richtung der Lichtstrahlen orientiert, und die Chromosomenplatte steht senkrecht zu ihnen. Nach vollzogener Kernteilung entsteht zwischen ihnen die uhrglasförmige erste Wand, deren erstes Stadium Abb. 1e wiedergibt. Es ist interessant daran festzustellen, daß die Wandbildung offenbar ohne Mitwirkung der Spindelfasern nur durch Verdickung gewisser Vakuolenwände gebildet wird[1]). Zu erwähnen

1) Vgl. dazu: W. ZIMMERMANN, Zytologische Untersuchungen an *Sphacelaria fusca*. Zeitschr. f. Bot. 15, 1923, S. 145.

ist noch, daß die ruhenden Kerne außer den ein bis zwei großen Nukleolen gar keine Struktur erkennen ließen. Die ganze Kernhöhle war nur sehr schwach diffus gefärbt, weshalb sie in den Zeichnungen einfach weiß gehalten wurde.

Das sind die wesentlichsten Beobachtungen, die die zytologische Untersuchung der keimenden *Equisetum*sporen ergab. Das eine scheint zweifellos daraus hervorzugehen: Die erste Wirkung des Lichtes besteht nicht in einer Anregung der Kernteilung, sondern in einer Beeinflussung der Chromatophoren, die sich an der Lichtseite sammeln. Erst, wenn diese vollzogen ist, kann man Veränderungen am Kern feststellen, als deren erste seine exzentrische Verlagerung anzusehen ist. Die Einstellung der Kernspindel in die Lichtrichtung erfolgt erst, wenn die Polarisierung der Sporen durch die Anordnung des übrigen Zellinhaltes schon deutlich ist. Auch von einer Drehung des ruhenden Kernes ist nichts zu bemerken[1]). Da *Equisetum* keine Zentriole hat, könnte man eine solche allerdings, auch wenn sie einträte, kaum feststellen. Aus der Form des Kernes kann man darauf keine Schlüsse ziehen; sie ist selten vollkommen kreisrund, meistens mehr oder weniger eiförmig, aber die längere Achse kann die verschiedensten Stellungen zur Lichtrichtung einnehmen. Für das Entscheidende halte ich, daß der ruhende Kern noch vollkommen zentral gelagert ist, wenn im Zytoplasma schon die ersten Anzeichen der Polarisierung sich zeigen (Abb. 1 b). Danach scheint mir die Frage, ob zunächst das Plasma oder der Kern polarisiert wird, dahin beantwortet werden zu müssen, daß die primäre Wirkung des Lichtes sich allein auf das Plasma erstreckt und die Einwirkung auf den Kern erst sekundär ist.

Daß das erste Anzeichen der Polarisierung in einer Wanderung der Chromatophoren besteht, ist ganz verständlich, weil diese ja auch sonst durch das Licht zu Lageveränderungen veranlaßt werden.

Kiel, Botanisches Institut, Dezember 1923.

---

1) Daß solche Drehungen bei Pflanzen vorkommen, hat W. ZIMMERMANN für *Sphacelaria* festgestellt (a. a. O. S. 156). Aber auch hier tritt zunächst eine Polarisierung des Zytoplasmas ein, erst viel später wandern die Zentriole am Kern dieser Polarisierung entsprechend so, daß die Teilungsebene dann um 90° gedreht ist.

16. Fritz Jürgen Meyer: Die Lycopodium-Leitbündel als Leitbündeltypus eigener Art.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 18. Januar 1924. Vorgetragen in der Februarsitzung.)

Die Leitungsbahnen der Lycopodien sind zwar schon häufig der Untersuchung unterzogen, im allgemeinen aber nur mit Hilfe von einzelnen Querschnitten sowie Längsschnitten oder mazeriertem Material. Da bisher Querschnittsserien nicht angewandt wurden — HEGELMAIER (1872) hat Querschnitte auf verschiedener Höhe der Achsen verglichen, aber wohl ohne Wert auf vollständige Serien aufeinander folgender Schnitte zu legen —, so sind die Vorstellungen, die die einzelnen Autoren von dem Bau der Leitungsbahnen der Lycopodien gewonnen haben, sehr verschiedenartig. Die vor DE BARYs Vergleichender Anatomie (1877) erschienenen Arbeiten können hier außer acht gelassen werden, da sie in ihrer Darstellungsweise veraltet, überdies von DE BARY zusammenfassend verarbeitet sind.

DE BARY (1877, 362) beschreibt das Leitungssystem von *Lycopodium* als radiales Leitbündel, dessen Tracheenteil aus einer Anzahl Platten oder Bänder besteht, während die Zwischenräume zwischen den Tracheenplatten von dem Siebteil bzw. den Siebteilen des Stranges eingenommen werden. Auch in mehreren neueren Anatomien finden sich die *Lycopodium*-Leitungsbahnen unter dem Typus des radialen Leitbündels (HABERLANDT, 1896, 305; 1918, 333; PALLADIN, 1914, 139; MOLISCH, 1920, 74).

Dieser rein deskriptiven anatomischen (querschnittsanatomischen) Darstellung wurde von VAN TIEGHEM eine Auffassung gegenübergestellt, bei der der Schwerpunkt auf das Gebiet der phylogenetischen Spekulation gerückt ist; er spricht beim Zentralzylinder der Lycopodien von Gamostelie, d. h. der Zentralzylinder soll im Laufe der phylogenetischen Entwicklung aus mehreren „Stelen“ (Zentralzylindern) verschmolzen sein (VAN TIEGHEM und DOULIOT, 1886 a, 216).

STRASBURGER (1891, 458; 1897, 249; 1902, 266) schließt sich an VAN TIEGHEM an, indem er die „Gamostele“ der Lycopodien phylogenetisch als eine Verschmelzung solcher Stelen betrachtet, wie sie bei den Selaginellen oder bei den Farnen vorkommen. Auch CAMPBELL (1905, 495) teilt diese Anschauung.

Später kehrt VAN TIEGHEM freilich selbst (ohne sich von seiner „Stelärnomenklatur“ zu trennen) zu einer Darstellung zurück, die der DE BARYschen ähnlich ist: seine „perixyle Monostelie“ (1898, 177) und „le type monostélique alterné“ (1906, 181) sind im Grunde genommen trotz der als etwas Besonderes erscheinenden Namen nichts anderes als das radiale Leitbündel DE BARYs. Und dasselbe gilt von der „Actinostele“ BREBNERs (1902, 522), einem gleichfalls rein anatomischen Begriffe. Auch andere Stelärtheoretiker (JONES, 1905; WIGGLESWORTH, 1907, 211; LOTSY, 1909, 433) schließen sich der neueren Auffassung VAN TIEGHEMs an, da kein Grund vorliegt, hier eine phylogenetische Verschmelzung von Leitbündeln anzunehmen.

Andererseits scheint ROTHERT (1913, 1187 ff., 1240), der der Stelärtheorie vollkommen fernsteht, bei *Lycopodium* auch an eine phylogenetische Verschmelzung von Leitbündeln (oder „Leitsträngen“, wie er sagt) zu denken. ROTHERT kennt nur konzentrische (amphivasale) und kollaterale Leitstränge, alles andere (bikollaterale, hadrozentrische, radiale Leitbündel) nennt er „Leitstrangsysteme“, die „als durch Verschmelzung mehrerer Leitstränge entstanden zu denken“ sind. Bei *Lycopodium* spricht er von einem Strangsystem, „welches sich durch wurzelartigen Bau auszeichnet“.

Schließlich den in bezug auf die phylogenetische Auffassung diametral entgegengesetzten Standpunkt vertritt WARMING (1909, 259), indem er die *Lycopodium*-Leitbündel zu den hadrozentrischen (mit stark zerklüftetem Tracheenteil) stellt, also zu dem Typus, der seiner Meinung nach wohl als der phylogenetisch älteste betrachtet werden muß.

Beschränken wir uns nun aber nicht nur auf das Querschnittsbild, sondern studieren wir die räumlichen Verhältnisse im Leitbündel der Lycopodien, so erkennen wir, daß die *Lycopodium*-Leitbündel sich überhaupt in keinen der seither benutzten Leitbündeltypen einpassen lassen; insbesondere sind die *Lycopodium*-Leitbündel durchaus verschieden von den radialen Leitbündeln der Wurzeln.

Einzeluntersuchungen.

Zur Untersuchung gelangten einstweilen die Achsen von *Lycopodium Phlegmaria* und *L. dichotomum*[1]). Beide Arten gehören bezüglich der Leitbündelanatomie zu dem gleichen Typus. In den

---

1) Das Material stammte aus den Gewächshäusern des Botanischen Gartens der Reichsuniversität Groningen; es wurde mir von Herrn Prof. Dr. J. C. SCHOUTE in dankenswerter Weise zur Untersuchung überlassen.

LIBRARY

stärksten mir zur Verfügung stehenden Achsenstücken besaßen die Leitbündel von *Lycopodium dichotomum* 28 Stränge von Erstlingstracheiden (bei einem Sproßdurchmesser von 9 mm und einem Leitbündeldurchmesser von 1,4 mm), oberhalb der nächsten Gabelung des Sprosses (Zweigdicke 6,5 mm) enthielt jedes der Zweigleitbündel (vom Durchmesser 0,8 mm) 15 Erstlingstracheidenstränge; bei weiteren Gabelungen reduzierte sich die Zahl der Erstlingsstränge in ähnlicher Weise, nachdem sie allerdings zuvor oft um ein geringes erhöht war. Bei *Lycopodium Phlegmaria* betrug die Zahl der Erstlingsstränge eines Leitbündels des basalen Sproßabschnittes im Höchstfalle 12 und nahm in den dünneren Zweigen gleichfalls ab. Zwischen den Erstlingstracheiden sind bei beiden Spezies ebenso viele Siebstränge in der vom radialen Leitbündel her bekannten Weise eingefügt. In dieser Anordnung der Erstlingsstränge besteht die einzige (nur querschnittsanatomische) Ähnlichkeit der Leitbündel mit dem radialen Typus. Die Mitte der Leitbündel wird von unregelmäßig verteilten Tracheiden- und Siebsträngen ausgefüllt; schon hier zeigt sich im Einzelquerschnitt eine — allerdings längst zur Genüge bekannte, wenn auch zu wenig beachtete — Abweichung vom radialen Typus. Zur vollen Erkenntnis dieser Eigenart der Leitbündel gelangen wir jedoch erst durch das Querschnittsserienstudium.

In Abb. 1 sind acht Schnitte aus einer Serie vom Achsenleitbündel des *Lycopodium Phlegmaria* wiedergegeben, der Übersichtlichkeit wegen stark schematisiert (die Erstlingstracheidenstränge schraffiert, die später ausgebildeten Tracheiden schwarz, die Siebstränge punktiert). Die Abstände der Schnitte II bis VIII von Schnitt I betragen 1,5 bzw. 3, 4, 5, 8, 9, 10 mm. Durch Vergleichen dieser Serienschnitte ergibt sich über den Verlauf der Tracheiden- und Siebstränge im Leitbündel folgendes:

1. Die Erstlingstracheiden verlaufen nicht wie im radialen Leitbündel geradlinig durch das Leitbündel, sondern es finden seitliche Berührung zweier benachbarter Stränge (1 und 2 in Schnitt VI), Verzweigungen (4 geht von 3 ab in VI—VII) und Verschmelzungen statt (10 und 11 stehen in VIII unmittelbar vor der Vereinigung);

2. stehen die benachbarten Erstlingstracheidenstränge mit Hilfe der später ausgebildeten inneren Tracheiden in seitlichem Zusammenhang[1]). Die wiedergegebene Schnittserie weist zwischen

1) Außer den früher (1916, 135) vom Verfasser aufgestellten Typen von Strangverbindungen treten hier zwar infolge der Zusammensetzung der

den Erstlingstracheidensträngen Strangstege von 2 nach 1 in I—III, von 10 nach 11 in III—V, von 10 nach 9 in VI—VII auf. Stegartige Verbindungen komplizierterer Art (und somit physiologisch wahrscheinlich weniger wirksam) sind gleichfalls

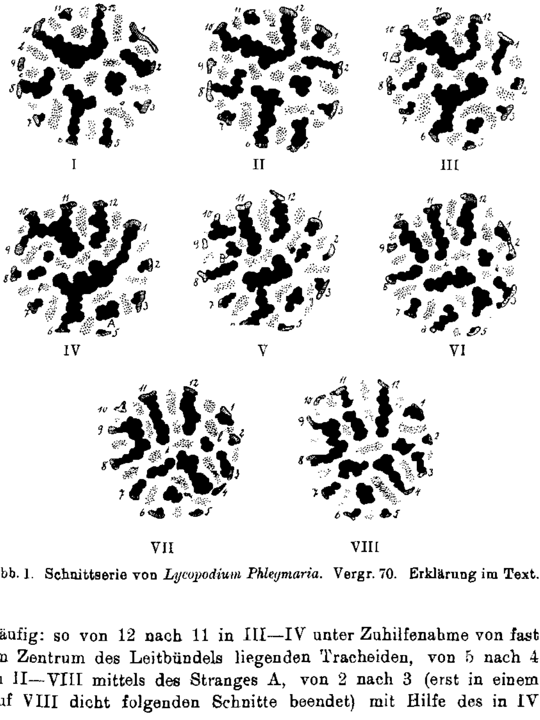


Abb. 1. Schnittserie von *Lycopodium Phlegmaria*. Vergr. 70. Erklärung im Text.

häufig: so von 12 nach 11 in III—IV unter Zuhilfenahme von fast im Zentrum des Leitbündels liegenden Tracheiden, von 5 nach 4 in II—VIII mittels des Stranges A, von 2 nach 3 (erst in einem auf VIII dicht folgenden Schnitte beendet) mit Hilfe des in IV

Tracheenstränge allein aus Tracheiden und infolge der starken Zerklüftung des Tracheensystems noch andere, etwas kompliziertere und weitläufigere Formen von Verbindungen auf; eine Erweiterung der Nomenklatur läßt sich aber umgehen.

zwischen 1 und 6 einheitlichen Stranges. Eine Strangbrücke wird zwischen 8 und 9 in VII und VIII durch gleichzeitigen Zusammenschluß dreier Tracheidenstränge gebildet, und eine brückenartige Berührung liegt zwischen 9 und 10 in IV vor.

3. Mindestens ebenso zahlreich sind die Verbindungen zwischen den nicht benachbarten Erstlingssträngen. Am auffälligsten ist in der wiedergegebenen Schnittserie die in IV vorliegende Verbindung von 1 und 6, durch deren Vermittelung eine ganze Reihe von weiteren stegartigen Verbindungen zustande kommt: so von 1 nach 4 (in VIII beendet), von 1 nach 3 sowie nach 7 (erst nach VIII beendet), von 2 nach 4 in II—VIII, von 2 nach 6 in II—IV, von 2 nach 7 (erst nach VIII beendet), von 6 nach 4 in VII—VIII; dazu kommen noch eine Menge anderer Verbindungen, die weniger leicht zu erkennen sind, und zwar stegartige von 8 nach 10 in II—VI vermittels des Stranges B, und umgekehrt von 10 nach 8 in VI—VII und somit von 11 nach 8 (wegen des in IV bestehenden Zusammenhanges zwischen 11 und 10), sowie von 12 nach 8 (wegen des Zusammenhanges von 12 und 10 in I—III), ferner von 12 nach 9 in III—IV, und schließlich von 12 nach 8 vermittels der Verbindung 12 nach 10 in I—III und 10 nach B nach 8 in V—VII; brückenartig zwischen 10 und 12 in I—III und ebenso, aber kürzer, auch zwischen 9 und 11 in IV.

Diese Betrachtungsweise der Strangverbindungen beschränkt sich scheinbar nur auf den an sich sicherlich ziemlich belanglosen Zusammenhang zwischen den Erstlingssträngen; sie wurde hier gewählt, weil sie am leichtesten ein systematisches Vorgehen beim Suchen nach den Strangverbindungen ermöglicht; es zeigt sich dabei aber, daß zwischen allen Tracheidensträngen (auch den inneren) reichliche Verbindungen vorliegen. Von den Erstlingssträngen durchlaufen nur 3 und 7 das Leitbündel innerhalb der gezeichneten Schnittserie isoliert, treten jedoch später auch mit den anderen in Verbindung; von den inneren Tracheidensträngen weist keiner trotz der verhältnismäßig geringen Länge des dargestellten Serienabschnittes einen isolierten Verlauf auf. — Daß das ganze beschriebene Leitbündel bezüglich der Tracheidenstränge in zwei getrennte Teile (umfassend 1—7 bzw. 8—12 nebst den dahinterliegenden Strängen) geschieden zu sein scheint, ist ein Zufall, der nichts mit einer hälftigen Symmetrie zu tun hat; in späteren Schnitten treten auch Verbindungen zwischen den beiden Seiten 1—7 und 8—12 auf.

Das Verfolgen der Siebstränge ist dadurch erschwert, daß man im Querschnitt die Siebröhren nicht so leicht von den neben-

liegenden Parenchymzellen unterscheiden kann wie die gelb- und dickwandigen Tracheiden (vgl. Abb. 2). Diese Schwierigkeit fällt allerdings deshalb nicht so schwer ins Gewicht, weil Strangverbindungen zwischen den Siebröhren, namentlich bei unseren Lycopodiaceen, bei denen sie bekanntlich nur langgestreckte, an den Enden zugespitzte Zellen sind ohne Querwandperforation, nicht solche Bedeutung haben können wie die Strangverbindungen zwischen den plasmalosen Tracheen, die für die Wasserleitung ganz besonders ausgebildet sind; zwischen den Siebröhren wird das Parenchym im Bedarfsfalle auch einen Stoffaustausch vermitteln.

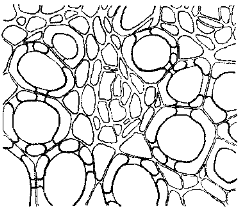


Abb. 2. Tracheiden- und Siebstränge aus einem Leitbündel von *Lycopodium dichotomum*. Vergr. 300.

Wenn auch eine größere Anzahl von Siebsträngen innerhalb der gezeichneten Schnittserie isoliert durch das Leitbündel läuft, so bestehen andererseits aber auch Gabelungen, Verschmelzungen und eigentliche Strangverbindungen. Gabelungen und Verschmelzungen sind allerdings häufig, nämlich wenn sich nicht gerade die gemeinsam entstandenen Gabeläste wieder vereinigen, nichts anderes als die Enden eines Strangsteges. Im einzelnen sind in der Serie festzustellen: vorübergehende Gabelungen bei a in I—III, bei i in VI—VII, ferner eine Gabelung bei e in IV, Verschmelzungen bei d in II—III bis h in VI, bei l und m in VII—VIII, Stege von b nach c in I—III, bei f in IV und schließlich ein bei g in V beginnender und bei n in VII—VIII endigender.

Im Prinzip die gleichen Verhältnisse — wenn auch in un-

bedeutenden Einzelheiten abweichend — ergaben sich aus der Untersuchung mehrerer anderer Serien, auch bei *Lycopodium dichotomum*[1]).

Allgemeine Betrachtungen.

I. Fassen wir die Ergebnisse der Schnittserienuntersuchungen zusammen, so können wir nunmehr, abgesehen von den schon im einzelnen Querschnittsbild erkennbaren Unterschieden zwischen den *Lycopodium*-Leitbündeln und dem radialen Typus, noch folgende weitere Abweichungen feststellen:

1. Die Zahl der Erstlingsstränge wechselt infolge von Gabelungen oder Verschmelzungen *innerhalb kurzer Strecken*, zuweilen sogar beträchtlich. (Von der Blattstellung ist sie, nebenbei bemerkt, unabhängig.)

2. Zwischen den Tracheensträngen bestehen Strangverbindungen der verschiedensten Art und in solch großer Menge, wie sie für Wurzelleitbündel (FR. J. MEYER, 1915, 9; 1921, 273; 1922, 279) wenigstens bislang nicht bekannt sind[2]).

3. Auch zwischen den Siebsträngen (den inneren wie den peripheren) kommen — durchaus im Gegensatz zum radialen Leitbündel — Strangverbindungen vor.

Auf Grund dieser Befunde hält Verfasser es für angebracht, die Leitbündel der Lycopodien nicht zu den radialen zu stellen, wie es bisher unter Berücksichtigung nur sehr schwacher Ähnlichkeiten geschah, sondern sie als besonderen Typus zu betrachten. Auch die Bezeichnungen Tracheenteile und Siebteile erscheinen nunmehr nach dem Bekanntwerden des starken Zusammenhanges zwischen den einzelnen Strängen unangebracht; denn das Tracheensystem bildet ein überaus einheitliches räumliches Netz mit sehr langgestreckten Maschen, das von einem ebensolchen Siebstrangnetz durchwoben wird. Verfasser schlägt daher für diese *Lycopodium*-Leitbündel den Namen „durchwobene" oder „diaplektische" Leitbündel[3]) vor und definiert diese unter Vermeidung der Begriffe Tracheen- und Siebteil als Leitbündel, deren Tracheen- und Siebstränge sich gegenseitig durchwebende räumliche Netze bilden,

---

1) Eine der untersuchten Schnittserien von *L. dichotomum* soll mit anderen noch ausstehenden Untersuchungen an anderer Stelle veröffentlicht werden.

2) Polyarche Leitbündel sollen demnächst noch daraufhin untersucht werden.

3) Trotzdem der Ausdruck „durchwoben" die vorliegenden Verhältnisse gut charakterisiert, wäre die Einbürgerung des von dem griechischen *διά* und *πλέκτω* abgeleiteten Fremdwortes im Interesse einer einheitlichen internationalen Nomenklatur wünschenswert.

und deren Erstlinge alternierend peripher verlaufen (die Alternanz der Erstlingsstränge wird nur bei deren Gabelung oder Verschmelzung gestört). Auch für die auf den Verlauf der Stränge noch nicht untersuchten Formen der Lycopodiaceen-Leitbündel (Zusammenstellung siehe bei FR. J. MEYER, 1917b) wird sich die neue Bezeichnung anwenden lassen, da bei ihnen nach den bisherigen Angaben (z. B. bei HEGELMAIER, 1872) mit Bestimmtheit Strangverbindungen irgendwelcher Art zu erwarten sind; es könnten dann die im Querschnittsbild schon so sehr differenten Formen des durchwobenen Leitbündels als durchwobenes oder diaplektisches Leitbündel mit unregelmäßiger Anordnung (*L. Phlegmaria* und *L. dichotomum*), mit radialer Anordnung (*L. annotimum* u. a.) und mit plattenförmiger Anordnung (*L. volubile* u. a.) unterschieden werden. (Für die letzte Form wurde bereits früher der Name „Plattenbündel" [FR. J. MEYER, 1916, 133] geprägt.)

II. Im Hinblick auf unsere an anderen Objekten gewonnenen Erfahrungen über die Wirkungsweise und Leistungsfähigkeit der Strangverbindungen (GERRESHEIM, 1912; RIPPEL, 1913; FR. J. MEYER, 1915) können wir schließen, daß bei den untersuchten Lycopodien durch die innige Vermischung zwischen den inneren Tracheensträngen sowie den Zusammenhang zwischen diesen und den Erstlingssträngen, von denen allein sich die Blattspuren (meist seitlich) abzweigen, in jeder Weise für eine Möglichkeit gesorgt ist, Störungen in irgendwelchen Teilen der Leitungsbahnen (insbesondere der Wasserleitungswege) von der Seite her auszugleichen. In dieser Beziehung sind die Leitbündel von *Lycopodium Phlegmaria* und *L. dichotomum* ebenso vollkommen ausgerüstet wie die ganz anders angelegten Leitbündel der phylogenetisch jüngeren und in mancher Beziehung höher organisierten Klassen des Pflanzenreiches. — Betreffs der Wirkungsweise und Leistungsfähigkeit der beschriebenen Verbindungen sei noch erwähnt, daß die Stege im allgemeinen nur in einer Richtung, die Brücken in beiden Richtungen wegsam sind.

III. Blicken wir schließlich auch noch einmal auf die phylogenetischen Spekulationen zurück: Eine phylogenetische Verschmelzung von Leitbündeln ist zwar an sich nicht unmöglich und wurde sogar durch Untersuchungen an *Lysimachia nummularia* und der Landform von *Myriophyllum proserpinacoides* wahrscheinlich gemacht; diese enthalten nämlich in ihren Achsen ein eng zusammengerücktes Bündelrohr aus in sich (bezüglich des Zusammenhanges durch Strangverbindungen) eng abgeschlossenen kollateralen Leitbündeln, die im Einzelquerschnitt jedoch den Eindruck eines

konzentrischen Leitbündels erwecken (FR. J. MEYER, 1917a, 167); es könnte dies der Anfang einer phylogenetischen Verschmelzung sein. Bei der stark ausgeprägten Einheitlichkeit der Strangsysteme der beiden betrachteten Lycopodien müßte die Entwicklung aber schon so weit vorgeschritten sein, daß zu dem Zusammenrücken noch die Verwebung gekommen wäre, ein Vorgang, der doch recht unwahrscheinlich ist.

Braunschweig, Botanisches Institut, 15. Januar 1924.

Literatur.

1. DE BARY, Vergl. Anatomie 1877
2. BREBNER, Annals of Botany 1902
3. CAMPBELL, Mosses and Ferns, New York 1905.
4. GERRESHEIM, Bibl. Bot. 81 u. Ber. d. D. Bot. Ges. 1912
5. HABERLANDT, Phys. Pflanzenanatomie 1896, 1918
6. HEGELMAIER, Bot. Ztg. 1872.
7. JONES, Trans. Linn. Soc. 1905.
8. LOTSY, Stammesgeschichte II, 1909.
9. FR. J. MEYER, Dissertation Marburg 1915
10. — — —, Beib. z. Bot. Cbl., Abt. I, 1916.
11. — — —, Ber. d. D. Bot. Ges. 1917a.
12. — — —, Progr. rei bot. 1917b.
13. — — —, Jahrb. f. w. Bot. 1921
14. — — —, Bot. Arch. (Beitr. II) 1922.
15. MOLISCH, Anatomie d. Pflanzen 1920.
16. PALLADIN, Pflanzenanatomie 1914
17. RIPPEL, *Bibl Bot. 82, 1913 u. Ber. d. D. Bot. Ges. 1913.*
18. ROTHERT, „Gewebe" im Handwörterbuch d. Naturwiss. 1913
19. STRASBURGER, Leitungsbahnen, 1891.
20. —, Bot. Praktikum 1897, 1902.
21. VAN TIEGHEM, Eléments de Bot. 1898, 1906
22. — — u. DOULIOT, Bull. Soc. Bot. France 1886a
23. — — — —, Ann. d. sc. nat. Bot., S. 7, t. 3 1886b.
24. WARMING, Allg. Botanik 1909
25. WIGGLESWORTH, Ann. of Bot. 1907

17. Friedl Weber: Ruheperiode und Frühtreiben.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institut der Universität Graz.

(Eingegangen am 30. Januar 1924. Vorgetragen in der Märzsitzung).

LAKON (1917) hat sich die Vorstellung gebildet, „die bekannte Beharrlichkeit ruhender Organe im Ruhezustande ist eine Folge der Überanhäufung organischer Substanz, welche die Fermente inaktiv macht". Einen Prüfstein für die Richtigkeit dieser Hypothese sieht er im Verhalten panaschierter Zweige von *Acer negundo*: Die rein grünen Zweige besitzen im Herbst ausgesprochen feste Ruhe, während den rein weißen eine solche durchaus fehlt. „Da der einzige Unterschied zwischen weißen und grünen Zweigen in der Menge der angehäuften Reservestoffe besteht, so haben wir die bei den grünen Zweigen vorhandene Hemmung in der für diese Zweige charakteristischen Überanhäufung organischer Substanz zu erblicken." Es ist nun aber keineswegs bewiesen, daß „wirklich der einzige Unterschied zwischen den weißen und grünen Zweigen der Gehalt an Reserven wäre" (JOST 1923, p. 204). Als Argument gegen die Zulässigkeit obiger Folgerungen aus dem Verhalten panaschierter Zweige müßte es gelten, wenn es auch andere Fälle gibt, wo die „autonome" Ruhe fehlt oder weniger tief ist, ohne daß man, wie dies ja bei den panaschierten Zweigen gewiß naheliegt, Mangel an organischen Nährstoffen dafür verantwortlich machen kann.

Es gibt nun solche Fälle. Keinen großen Wert möchte ich legen auf die Erscheinung, daß auch pilzinfizierten Ästen nach SCHELLENBERG (1915) die freiwillige Ruhe fehlt, obwohl schon hier wohl niemand behaupten wird, zwischen pilzbefallenen und gesunden Ästen bestehe kein anderer Unterschied als ein solcher in der Menge des Reservematerials. Wichtig ist dagegen das Vorkommen frühtreibender Rassen. Schon DE CANDOLLE (1835, p. 22) führt solche Fälle an. RAUNKIAER (1918) hat (in einer mir nur aus Referaten bekannten Arbeit) für *Fagus silvatica* gezeigt: Es gibt Individuen, die früh und solche, die spät ausschlagen; die Nachkommen wiederholen darin das Verhalten der Mutterpflanzen; es handelt sich dabei offenbar um eine erbliche Eigenschaft. MÜNCH (1923) bezeichnet das Früh- und Spättreiben der Fichten als Rasseneigentümlichkeit. Bei Bäumen kommt es auch

vor, daß nur ein einziges Zweigsystem sich dauernd als früher-austreibend erweist als alle anderen; es dürfte sich hier um eine Knospenmutation handeln (LAKON 1915, p. 435).

Alle diese Fälle haben jedoch in unserer Frage ohne weiteres noch keine Beweiskraft. Die Frührassen öffnen im Freien ihre Knospen zu einer Zeit, wo auch die Normalrassen wohl schon aus der Ruhe zu treten beginnen; es wäre denkbar, daß die ersteren zum Treiben nur einer geringeren Wärmesumme bedürfen. Es sind Versuche im Winter im Warmhause zur Entscheidung erforderlich. Solche habe ich mit Zweigen eines *Aesculus hippocastanum*-Baumes durchgeführt, der nach vieljährigen Beobachtungen jeden Frühling um mindestens drei Wochen früher treibt als seine unmittelbar neben ihm stehenden Artgenossen. Diese Zweige wurden am 8. I. 1924 ohne weitere Vorbehandlung zugleich mit Zweigen eines im Frühjahr normalzeitig treibenden Baumes in das Warmhaus eingestellt. Die Knospen der Frührasse begannen sofort auszutreiben, ja sie hätten dies wohl auch viel früher getan, denn schon am Baume zeigten die meisten ein leicht spreizendes Stadium. Die Blattentfaltung erfolgte im Warmhaus ab 22. I. Die Kontrollknospen waren zu dieser Zeit noch vollkommen unverändert geschlossen. Die Temperatur im Warmhaus war ständig so hoch, daß die den Knospen gebotene Wärmesumme jedenfalls diejenige sehr beträchtlich übertraf, die ihnen im Frühjahr zur Zeit des normalen Austreibens zukommt. Es besitzt also die Frührasse von *Aesculus* tatsächlich eine (zumindest) wesentlich kürzere freiwillige Ruheperiode als die Normalrasse. Ein Grund zur Annahme, daß erstere reservestoffärmer ist als letztere, ist nicht gegeben; anatomische Untersuchung zeigt vielmehr in Stamm und Knospe bei beiden Rassen — wenigstens was Stärke und Fett betrifft — die gleiche Ausstattung mit organischen Speichersubstanzen.

Wie sehr die Dauer der Ruheperiode der Knospen überhaupt vom Reservestoffvorrat des Gesamtorganismus unabhängig ist, geht u. a. auch aus dem verschiedenen Verhalten nebeneinander inserierter Blatt- und Blütenknospen hervor. Am 16. XII. 1923, noch vor dem Eintritt starker Fröste, und am 3. I. 1924, nach zwei Wochen intensiver Kälte, wurde eine große Anzahl von *Forsythia suspensa*-Zweigen in das Warmhaus gestellt. Mitte Januar boten sie folgenden Anblick: Die Dezemberzweige waren voll belaubt (nur die Blattknospen hatten ausgetrieben aber keine einzige Blütenknospe), die Januarzweige aber standen in vollstem Blütenschmucke (keine einzige Laubknospe hatte sich entfaltet). Sollten wir annehmen müssen, daß an den Dezemberzweigen gerade nur

in den Blütenknospen die Enzyme inaktiviert waren? Gegen die Inaktivierungshypothese spricht u. a., daß — wie APPLEMAN (1914) für die Kartoffelknolle gezeigt hat — in jedem Stadium der Ruheperiode sich aktive Diastase und Invertase nachweisen läßt.

Die primäre Bedingung des natürlichen Erwachens und des künstlichen Erweckens aus der Ruhe ist noch unbekannt. Ich habe (1922) die Auffassung geäußert, Wundhormone könnten bei vielen Frühtreibverfahren entstehen und eine Rolle spielen, oder allgemeiner ausgedrückt: Solche Frühtreibmethoden wirken durch lokale Verwundung oder Schädigung; RICHTER (1922) hat sich dieser Ansicht angeschlossen. Bei Versuchen, die H_2SO_4-Methode RICHTERs bei Zweigen von *Laburnum vulgare* anzuwenden, kam eine Erscheinung zur Beobachtung, die zugunsten der Wundtheorie des Frühtreibens spricht. Die Enden mancher oben gestutzter Zweige waren etwas zu lange in der H_2SO_4 belassen worden und begannen von oben her abzusterben. Unmittelbar unterhalb der nekrotischen Zone war alsbald die Entstehung einer Geschwulst bemerkbar, die, ohne das Hautgewebe zu sprengen, eine beträchtliche Auftreibung des Stammes in einer schmalen Ringzone hervorrief. Die primäre Rinde zeigte hypertrophische und hyperplastische Wucherung; ein interessantes Bild boten insbesondere viele der ziemlich dickwandigen Parenchymzellen, die in ihrer an größere Intercellularen angrenzenden Hälfte nach Auflösung der Membranverdickung zu dünnwandigen Schläuchen auswuchsen. An der Cambiumzone war streckenweise nach Färbung mit Sudan zu erkennen, daß die Membranen Suberin eingelagert hatten, so daß diese Zone der Peridermschicht täuschend ähnlich sah. Da ebenso — wenn auch in geringerem Ausmaße — unterhalb einer Schnitt-Quetschwunde oder einem durch Anbrennen zur Nekrose gebrachten Stammstück bei *Laburnum* Geschwulstbildungen am Stamme entstehen, hat es sich bei obigen Wachstumsvorgängen nicht um eine spezifische Wirkung der H_2SO_4 gehandelt, sondern um die Folge einer Nekrose benachbarter Gewebe; was aber für das meristische und Streckungswachstum der Wucherung gilt, wird wohl auch für das durch gleiche Mittel angeregte Wachstum der Knospe, das Frühtreiben gelten.

Auch die verschiedenen Fälle von „stimulation of growth by injury" an ruhenden Holzgewächsen, die COVILLE (1921) anführt, lassen sich am besten als Wund- resp. Nekro(hormon)wirkung verstehen (vgl. RICHTER 1922). Besonders dort, wo nach Zurückschneiden eines Zweigsystems gerade nur die der Schnittfläche zunächst inserierten Knospen austreiben, ließe sich die Wund-

hormontheorie durch Abspülversuche prüfen und die Entfernung feststellen, bis zu welcher der „Wundreiz" wirksam wird.

Andererseits habe ich ausdrücklich hervorgehoben (1924), daß man den Gesichtspunkt der Wundhormonwirkung nicht zur Erklärung der Wirkungsweise aller Frühtreibmethoden heranziehen dürfe. In einer in Vorbereitung stehenden Schrift „Entwicklungsanregung der Pflanzen" sollen diese Fragen eingehender erörtert werden.

Literatur.

APPLEMAN, 1914, Maryland Agricult. Exper. Stat. Bull. No 183.
CANDOLLE, DE 1835, Pflanzenphysiologie. II. Übersetzt von RÖPER.
COVILLE 1921, Smithsonian report for 1919.
JOST, 1923, Pflanzenphysiologie. 4 Aufl. 2 Bd.
LAKON, 1917, Diese Berichte 35.
—, 1915, Biolog. Ctrblatt. 35.
MÜNCH 1923, Allg. Forst- u. Jagd-Ztg. Novemberheft.
RAUNKIAER, 1919, Botan. Tidskrift 36.
RICHTER, 1922, Diese Berichte 40.
SCHELLENBERG, 1915, Diese Berichte 33.
WEBER, 1922, Diese Berichte 40.
—, 1924, Die Umschau 28. Nr. 3.

Mit Rücksicht auf die finanzielle Lage der Gesellschaft können Arbeiten nur von solchen Mitgliedern in die Berichte aufgenommen werden, die ihren Beitrag bezahlt haben; dies gilt besonders auch für neu aufgenommene Mitglieder. Arbeiten von Nichtmitgliedern können auch dann nicht berücksichtigt werden, wenn sie in Gemeinschaft mit einem Mitglied verfaßt sind.

Preisausschreiben

aus den Mitteln der

Karl-Heinz-Thost-Stiftung.

„Die Kenntnis von dem Einfluß der Tageslänge auf die Blütezeit der Pflanzen soll unter kritischer Würdigung der neueren Literatur durch eigene Versuche gefördert werden."

Der Preis beträgt 500 Goldmark.

Das Preisausschreiben steht nach dem Wunsche des Stifters jedem deutschen u. deutsch-österreichischen Botaniker offen. Die Bearbeitungen sind nur mit Kennwort versehen und unter Beifügung eines verschlossenen, Namen und Adresse des Verfassers enthaltenden Umschlages bis zum **30. April 1926** an den Vorsitzenden des Berliner Vorstandes einzusenden.

Sitzung vom 25. April 1924.

Vorsitzender: Herr A. ZIMMERMANN.

Der Vorsitzende verliest ein Antwortschreiben des Herrn Geh. Rat A. ENGLER auf das Glückwunschschreiben, das ihm zu seinem 80. Geburtstage vom Vorsitzenden übersandt worden war.

Der Vorsitzende teilt mit, daß der Vorstand zu Preisrichtern für das Preisausschreiben der KARL-HEINZ-THOST-Stiftung die Herren C. CORRENS, L. DIELS und H. KNIEP gewählt hat. Diese Herren haben die Wahl angenommen. Sie stellen die Preisaufgabe und bestimmen, welche von den einlaufenden Lösungen den Preis von 500 M. erhalten soll. Thema und Bedingungen des Preisausschreibens sind auf der ersten Seite dieses Heftes veröffentlicht.

Der Vorsitzende teilt mit, daß unser Mitglied, Herr

Dr. **Wladimir Arnoldi,**

Professor der Botanik an der Universität in **Charkow**, am 22. März 1924 in Moskau infolge Schlaganfalls verstorben ist.

Die Anwesenden erheben sich zu Ehren des Dahingeschiedenen von ihren Plätzen.

Als neue Mitglieder werden vorgeschlagen:

Koningsberger, Dr. **V. J.,** Direktor der Zuckerversuchsstation in **Cheribon** (Java) (durch F. A. F. C. WENT und A. PULLE),

Lehmberg, Dr. **Karl** in **Vallstedt** (Braunschweig) (durch G. BERTHOLD und H. BURGEFF),

Pojarkov, Frl. **Antonina,** Wissenschaftliche Mitarbeiterin des Botanischen Gartens zu **Petersburg** (Leningrad), Kurlandskaja 6, Wohn. 60 (durch N. A. MAXIMOW und S. LWOW),

Walther, Dr. **Oscar A.,** Professor am Landwirtschaftlichen Institut in **Petersburg** (Leningrad), Malaja Possadskaja, Botanisches Laboratorium des Pädagogischen Instituts (durch N. A. MAXIMOW und S. LWOW).

Zu ordentlichen Mitgliedern werden ernannt:

Alexandrov, Dr. **Wassili**, Professor in **Tiflis**,
Bleier, Hubert, cand. phil. in **Kiel**,
Christiansen, Willi, Mittelschullehrer in **Kiel-Gaarden**,
Clausen, Peter, Mittelschullehrer in **Kiel**,
Dahm, Dr. **Paul**, Assistent in **Bonn**,
Fahrendorff, Ernst, Rektor in **Berlin N 31**,
Havelik, Dr. **Karl** in **Brünn**,
Keller, Dr. **Boris**, Professor in **Voronesh**,
Lindenbein, Werner, cand. phil. in **Kiel**,
Sachsse, Hans, Oberförster in **Tharandt**,
Schönebeck, Bruno, Lehrer in **Berlin-Neukölln**,
Baumgärtel, Dr. **Traugott**, Privatdozent in **München**,
Funek, Emil, cand. rer. nat. in **Prag II**,
Magdeburg, Dr. **Paul** in **Leipzig-Gohlis**,
Skvortzov, Dr. **B. W.**, in **Charbin**,
Stapp, Dr. **Carl**, in **Berlin-Steglitz**.

Herr H. GRÜSS legte Präparate aus dem Material einer Devonalge vor, welches aus Spitzbergen stammte. Nach den Fruktifikationsorganen, die in den Dünnschliffen deutlich zu erkennen waren und gemäß der Gewebezusammensetzung des Thallus konnte diese Alge als der Vorläufer der Gymnospermen bezeichnet werden; sie hat einige Ähnlichkeit mit den Fucoiden (d. Silur).

In den Sporangien fand sich ferner ein Pilz, der die Kammerwände zerstörte und in den vegetativen Zellen ein anderer, der also zellwandlösend sein mußte. Die Erscheinungen und das Verhalten dieser Pilze bilden die gärphysiologische Grundlage für eine neue Kohlentheorie, und zur näheren Erläuterung führte Verfasser eine Reihe verschiedener Fermentwirkungen experimentell vor. Der Vortrag über die Entstehung der Kohlen ist niedergelegt in der Schrift des Verfassers: *Nematophora fascigera* gen. nov., eine Devonalge als Vorläufer der Gymnospermen und ihre Beziehungen zu einer neuen Kohlentheorie auf gärphysiologischer Grundlage.

Die Abhandlung ist erschienen im Tauber-Verlag von Dr. HENNES, Berlin-Zehlendorf (mit 7 Tafeln, Preis 2 M.). Der niedrige Preis ist nur dadurch ermöglicht worden, daß Verfasser und Verleger auf Honorar verzichteten, sowie dadurch, daß Herr LEO WALLERSTEIN, Brauereibesitzer in New York, eine namhafte Summe als Beitrag für die Deckung der Unkosten spendete.

Herr F. V. WETTSTEIN führte einige Kulturen von Moosen vor aus seinen Experimenten mit multiploiden Moosrassen: Univalente und bivalente Rassen von *Bryum caespiticium*, die besonders schön die Organvergrößerung auf Grund der Kernplasmarelation zeigen, ferner Bastardsporogone von *Physcomitrium pyriforme* × *Funaria hygrometrica*, die daraus gezüchtete bivalente Bastardrasse und einzelne F_1-Pflanzen, schließlich höhere (4-, 8-, 16fache) Valenzstufen der Kreuzung *Physcomitrella patens* × *F. hygrometrica* und die trivalente Pflanze (*Ph. patens* × *Funaria hygrometrica*) × *Physcomitrium eurystomum*.

Mitteilungen.

18. H. Ziegenspeck: Über Jod unter Blaufärbung aufnehmende Stoffe in den Asci von Flechten (Isolichenin).

(Eingegangen am 14. Januar 1924. Vorgetragen in der Märzsitzung.)

Bereits DE BARY (Morphologie der Pilze [1866], p. 255—281) erwähnt das Auftreten einer Jodbläuung bei Flechten in Apothecien, Asci, Rinde und Mark. Die Löslichkeit in Salzsäure erkannten NÄGELI und SCHWENDENER (Das Mikroskop, 2. Aufl. [1877], p. 518). Ferner findet sich noch eine Angabe von FUISTING (Bot. Ztg. [1868], p. 661), welcher in den Asci von *Verrucaria* einen jodbläuenden und -rötenden Stoff fand. Da ein ebenfalls dieselbe Jodreaktion gebender Stoff in *Lichen islandicus* den Namen Isolichenin führt, so lag der Gedanke nahe, auch hier diesen Stoff zu vermuten.

Ich begann daher, den Stoff aus den Asci von *Xanthoria parietina* so rein als möglich zu isolieren. 50 g Apothecienschüsseln wurden gesammelt und nach scharfem Trocknen über Kalk gepulvert. Störende Substanzen ließen sich durch je 14 Tage lange Extraktion mit Alkohol, Äther, nochmals Alkohol, dann kaltem Chloroformwasser im Percolator beseitigen. Durch kochendes Wasser brachte ich das Isolichenin in Lösung. Der erste konzentrierte Auszug ließ auf Alkoholzugabe das Isolichenin fallen. Noch zweimaliges Fällen aus seiner Lösung diente zur Reinigung.

Ich erhielt so eine hornartige Substanz, welche in kaltem Wasser nur quoll; erst Aufkochen brachte Lösung. In der Lösung erzielte vorsichtiger Jodzusatz ein prachtvolles Kornblumenblau. Gegen Speicheldiastase war dieses Isolichenin beständig. Bis auf einen kleinen Rest verzuckerte ich die Substanz durch 4 % Schwefelsäure. Alle 5 Minuten herausgenommene Tropfen wurden mit Jod versetzt. Die Farben waren folgende: 5′ kornblumenblau, 10′ dunkelviolett, 15′ blauviolett, 20′ rotviolett, bis 35′ rot, 40′ rotbraun, 45′ braun, dann war jede Jodreaktion verschwunden. Der Körper zeigte sich also der Stärke homolog. Es fanden sich dem Amylodextrin und Erythrodextrin ähnliche Körper. Nach Vollendung der Hydrolyse und Beseitigen der Schwefelsäure durch $CaCO_3$ wurde zum Sirup eingeengt und daraus die Monosaccharide mit Alkohol entzogen. Der Abdampfrückstand wurde ebenso nochmals nach Lösung behandelt. Im Invertate fand sich neben wenig Methylpentosen (Aceton) nur Glycose (Zuckersäure, Osazon). Dasselbe Ergebnis erzielte ich mit *Cladonia coccifera* und *Ramalina fraxinea*.

Mit 4 % Schwefelsäure ließ sich aus dem Rückstand von *Xanthoria* keine „Hemicellulose“ gewinnen. Das Unlösliche befreite ich durch 14tägige Verdauung mit Pepsinsalzsäure von Eiweiß und löste die „Cellulose“ in Schwefelsäure. Nach völliger Inversion konnte ich Mannose (Phenylhydrazon) und Glycose (Zuckersäure und Phenylosazon) nachweisen.

Zum Vergleich herangezogenes Isolichenin aus isländischem Moose ergab nur Glycose, war aber gegen Speicheldiastase nicht resistent. Das Lichenin baute sich aus Mannose, Glycose neben Methylpentose auf. Die noch herausholbaren „Hemicellulosen“ spalteten in Mannose und Glycose. Auch hier ergaben sich Zwischenprodukte bei der Hydrolyse des Isolichenins.

Auch aus dem von den Asci befreiten Thallus von *Evernia prunastri* war durch kochendes Wasser ebenfalls ein aus Glycose und Methylpentose sich aufbauendes Kohlehydrat ausziehbar, welches indes keine Jodfärbung aufwies. Die „Hemicellulosen“ ergaben Pentose (Orcin und Anilin) neben einer Hexose, welche keine Zuckersäure ergab, dagegen mit Resorcinsalzsäure sich leicht färbte und mit Methylphenylhydrazin ein Osazon bildete. Es handelte sich also wahrscheinlich um Fructose. Ob ein Hydrazon mit Methylphenylhydrazin vom Schmelzpunkte 176° von einer neuen Zuckerart herrührt, das möchte ich nicht entscheiden. Es fiel als schwerlöslicher Niederschlag analog wie die Mannose aus.

Fast das Gleiche ergab eine Bearbeitung von *Usnea dasypoga*. Nur bestand auch die „Hemicellulose" aus Glycose und Methylpentose.

War somit die Kohlehydratnatur dieses Isolichenins nachgewiesen, so erhob sich die Frage nach der Funktion dieser Körper. Das Lichenin, Usnein und Evernin sind leimartige Substanzen, welche gierig das Wasser aufsaugen. Sie und die schleimartigen „Hemicellulosen" dürften wohl bei dem Aufsaugen des Wassers beteiligt sein.

Für das Isolichenin der Asci lag der Gedanke eines Reservestoffes nahe. Nun ist es wegen der Empfindlichkeit gegen SO_2 und ihres trägen Wachstums eine sehr heikle Sache, mit den Flechten zu experimentieren. Aber die Verarbeitung des Stoffes bei der Ascosporenbildung ließ die Reservestoffnatur deutlich erkennen. Zunächst einige Worte über die Verbreitung des Isolichenins. Außer bei *Cetraria islandica* fand ich nirgends dasselbe in dem vegetativen Thallus. In dem Hymenium wurde es gefunden in geringer Menge bei *Cladonia furcata*, in größerer bei *Cetraria islandica*, *Usnea dasypoga* und *Xanthoria parietina*. Reichlicher Gehalt zeichnete die Soredale von *Lecanora tartarea* aus. In starker Farbe leuchteten die Asci in der Jugend bei folgenden Flechten (die vollreifen Asci waren jedoch frei davon): *Cladonia coccifera*, *pyxidata*, *digitata*, *furcata*, *Cetraria islandica*, *Usnea dasypoga*, *Solorina saccata*, *Peltigera canina* und *aphthosa*, *Ramalina fraxinea*, *Xanthoria parietina*, *Hagenia ciliaris*, *Parmeliopsis ambigua*, *Imbricaria acetabula* und *olivacea*, *Petrocallis amoena*, *Baeomyces rosea* und andere unbestimmte Cladonien, Parmelien etc. Ein nicht näher bestimmter Discomycet von *Peziza*-ähnlichem Aussehen führte ebenfalls Isolichenin, anderen *Peziza*-Arten, der Morchel, Lorchel, fehlte es. Diese besaßen dafür sehr viel Glycogen. Auch in den Asci einiger Flechten fehlte es, z. B. bei *Sphyridium* spec. und *Graphis scripta*.

Die Blaufärbung nimmt bis zur fast völligen Größe des Ascus zu. Die Wand wird ganz dick, besonders die Spitze. Nun beginnt die Sporenentwicklung, und das Isolichenin verschwindet allmählich unter Dünnerwerden der Wandungen. In extremen Fällen ist neben sehr viel Isolichenin fast kein Glycogen vorhanden (*Hagenia*). Andere enthalten beides (*Solorina*). Dem stehen aber Fälle gegenüber, bei denen neben viel Glycogen dieser Körper gar nicht vorhanden ist. Hier sieht man deutlich die geringe Dicke der Ascuswand und das Zunehmen des Glycogens bis zur

beginnenden Sporenbildung. Dagegen tritt das Isolichenin in den Querwänden der reifen Ascosporen auf bei *Graphis scripta.*

Man ist infolge des Verbrauches bei der Sporenbildung und des gegenseitigen Ersatzes mit Glycogen wohl berechtigt, das Isolichenin der Asci als einen Reservestoff anzusprechen.

---

19. Hans Heil: Die Basalzelle des Tetrasporangiums von Dictyota dichotoma und einiges über die Zellwandstruktur.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 21 Januar 1924. Vorgetragen in der Märzsitzung.)

Wenn man die Lehr- und Handbücher aufschlägt, so findet man für *Dictyota dichotoma* gewöhnlich dieselben Figuren: Thallusquerschnitte mit Sporangien, mit weiblichem und mit männlichem Sorus nach THURET. Und wenn man in dem Werke: Études phycologiques. Analyses d'Algues marines. Paris 1878, von M. GUSTAVE THURET die 12. Figur auf der 30. Tafel betrachtet, so sieht man, daß das Original dieser in allen Werken wiedererscheinenden Abbildung einer Tetrasporangiengruppe nach einem dicken Schnitt gezeichnet ist. Dadurch erklärt sich die Vernachlässigung der histologischen Einzelheiten. Nur ein junges Sporangium (neben dem Haarbüschel) ist mit seiner Basalzelle gezeichnet. Andere mit Illustrationen versehene Arbeiten, wie die von LLOYD WILLIAMS, Studies in the Dictyotaceae, Annals of Botany 1904, beschäftigen sich eng mit der inneren Cytologie und kommen dadurch nicht zur Betrachtung der Gewebeverhältnisse.

An die Figuren in den vorerwähnten Werken erinnerte ich mich, als ich im September 1922 auf Helgoland Querschnitte durch den Sporophyten von *Dictyota dichotoma* unter dem Mikroskop hatte und an hinreichend dünnen Schnitten gewahr wurde, daß die Basalzelle der Tetrasporangien von den mir bekannten Darstellungen wesentlich abweicht. Ich nahm mir Material in Alkohol mit und studierte die Verhältnisse möglichst eingehend an Handschnitten, die ich teils mit Reagenzien behandelte, sowie an Mikrotomschnitten, die mir Herr HERING, der an unserm Institut arbeitet, in liebenswürdiger Weise anfertigte. Für seine Bemühungen sei ihm an dieser Stelle wärmstens gedankt. —

Nachdem sich eine der kleinen Zellen der Außenschichten durch Verdichtung des plasmatischen Inhaltes (Fig. 1 a) und Auswachsen über die Oberfläche (Fig. 2) zur Bildung eines Sporangiums angeschickt hat, findet im Innern eine Kernteilung statt. — Solche Sporangienanlagen stehen auffallend oft über einer Querwand der großen Mittelzellen. — Ein Kern wandert nach unten, er wird zu dem der Basalzelle, die durch eine Wand (Fig. 3) gegen den äußeren blasig ausgewachsenen Teil abgetrennt ist, der zu dem eigentlichen Tetrasporenbehälter wird. Diese Trennungswand geht nach ihrer Ausbildung in jungen Sporangien mit ihren Rändern allmählich in die Wand des äußeren angeschwollenen Teils der Sporangienzelle über (Fig. 4) und kehrt so am Rand ihre konvexe Wölbung der Basalzelle zu. An diesen Sporangienanlagen ist außen ab und zu deutlich die aufgebrochene „Kutikula" zu sehen, nicht nur bei ganzen Sporangiengruppen, sondern auch bei einzelnen Tetrasporenbehältern.

Mit der fortschreitenden Weiterentwicklung der Aplanosporenanlagen verändert die Trennungswand ihre Gestalt. Sie wird nach der Sporenseite hin ausgebeult, die frühere konvexe Seite wird also zur konkaven (Fig. 5). In solchen Stadien nimmt der Schleimmantel, der den Protoplasten der Basalzelle umgibt, gewaltig an Raum zu. Dadurch ragt diese, die sich schon bei der Anlage durch ihre Größe gegenüber den umgebenden Rindenzellen auszeichnet, über die Thallusoberfläche hervor und kuppelförmig in das Tetrasporangium hinein. Ein sich immer mehr verstärkender Druck auf den Inhalt des Sporangiums wird sich geltend machen. Die Wirkung dieses Druckes zusammen mit dem von dem quellenden Schleim im Sporangium erzeugten wird die sein, daß die Wand des Behälters auf der der Druckstelle gegenüberliegenden Seite platzt und die inzwischen ausgereiften vier Sporen durch einen Riß entlassen werden. Die Basalzelle, die nun in ihrer Ausdehnung nicht mehr behindert ist, sieht dann einer jungen Sporangienanlage, die noch keine Querwand gebildet hat, nicht unähnlich (Fig. 6). Nur die von ihr ringsum ausgehenden Reste der aufgeplatzten Sporangienwand und oft auch die auffallend gequollene Schleimmasse im Innern lassen sie sicher von einem in Bildung begriffenen Sporangium unterscheiden. In solchen alten Basalzellen entleerter Sporangien fand ich noch Plasma mit Zellkern, der vollkommen gesundes Aussehen hatte.

Wie sich diese Vorgänge am lebenden Objekt abspielen, will ich unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse bei den Gametophyten, von dem ich zurzeit kein ausreichendes Material habe, gelegentlich auf Helgoland an Ort und Stelle studieren.

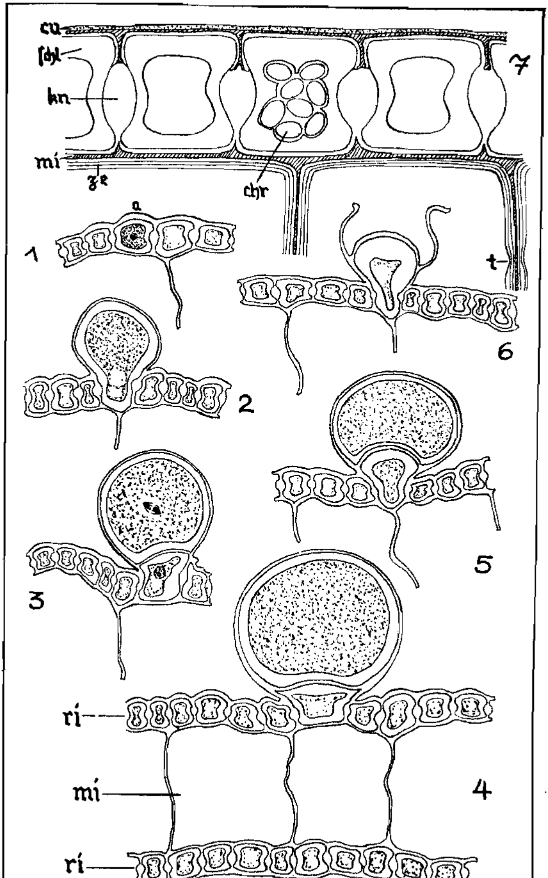


Abbildung. (Siehe Figurenerklärung)

Es bleibt uns noch die Frage nach der Homologie zu verwandten Formen. Besondere Angaben über die Basalzellen der Dictyotaceengruppe konnte ich in der Literatur nicht finden; außer einer Angabe von REINKE (siehe OLTMANNS, Morphologie und Biologie der Algen, 1922, II, S. 184), daß die Oogonien von *Padina Pavonia* außer der Basalzelle noch eine zweite Stielzelle besäßen, was aber direkt mit unserer Untersuchung nichts zu tun hat.

Die Stielzelle der Fucaceen-Oogonien ist der Basalzelle des *Dictyota*-Sporangiums homolog zu setzen. Die Entstehung ist — wie das auch OLTMANNS zu erkennen gibt — bei beiden dieselbe. Nach der Vorwölbung einer besonders plasmareichen Zelle über den Verband der Nachbarzellen findet bei *Fucus* wie bei *Dictyota* eine Karyokinese ohne Reduktion der Chromosomenanzahl statt. Danach wird die Stielzelle mit ihrem eigenen Kern abgetrennt. Aus dem Kern der äußeren Zelle entstehen nun in beiden Fällen durch Reduktionsteilung Tetraden, die sich bei den Fucaceen noch einmal teilen. Ob bei *Fucus* die Stielzelle bei der Ablösung und dem Ausschlüpfen des ganzen reifen Oogoniums eine ähnliche Rolle spielt wie die des *Dictyota*-Sporangiums, ist mir nicht bekannt.

Auf Querschnitten durch den Thallus von *Dictyota* (Fig. 4) erkennt man bekanntlich drei Zellschichten: eine großzellige Mittelschicht (mi), zu ihren beiden Seiten je eine kleinzellige Außenschicht (ri).

Über den Bau der Mittelschichtzellen ist wenig Neues zu sagen. Ein Präparat, das zufällig 5 Tage in Korallinsodalösung gelegen hatte, und das darauf gelinde erwärmt zur Beobachtung gelangte, zeigte die Zellwände derart gequollen, daß mit Öl-Immersion drei sich gegeneinander abgrenzende und voneinander loslösende Schichten für jede der aneinanderstoßenden Wände zu sehen waren (Fig. 7 ze). Die rundlichen oft etwas langgezogenen Tüpfel (Fig. 7 t) bilden flache Mulden und sind auf den zu der Thallusfläche quer stehenden Wänden unregelmäßig verteilt.

Die Außen- oder Rindenzellen bieten Interessantes. Auf Quer- und Längsschnitten durch ältere Thallusstücke fallen in der Mitte der Zellwände, die die Rindenzellen gegeneinander abgrenzen, knotige Verdickungen auf (Fig. 7 kn). Da diese Knoten auf allen Schnitten, die die drei Zellagen treffen, immer wieder auftreten und die entsprechenden Rindenzellwände auf Flächenschnitten nahezu gleichmäßig dick erscheinen, wird es sich wahrscheinlich um eine Verdickungsschicht handeln, die gürtelförmig

in der Thallusebene verläuft und nicht um partielle linsenförmige Zellwandverdickungen.

Diese Verdickungen bilden sich erst später. Querschnitte durch vordere Thallusstücke mit noch jungen Zellen zeigen ein wesentlich anderes Bild. Alle Zellwände sind noch zart und dünn. Die Querwände der Rindenzellen verlaufen ohne irgendwelche Verdickungen glatt durch. Ab und zu sieht man in den Rindenzellen nachträglich angelegte Teilungswände in der Querrichtung durchziehen. Die hyaline Schleimmasse, die von der inneren Wandseite aus bei älteren Zellen den Protoplasten gleichmäßig umgibt (Fig. 7 schl), ist hier zuerst von den zur Thallusfläche tangentialen Wänden in deutlicher Dicke abgeschieden. Die Querwände scheinen das erst später zu tun. Und ihre Verdickungen erklären sich als nachträgliche Aufquellungen der mittleren Querwandzone, eine Annahme, die sich durch die Ergebnisse nach der Behandlung mit Reagenzien, deren Mitteilung unten folgt, weiter stützen läßt.

Die Hauptrolle spielen Pektinstoffe. Rutheniumsesquichlorid wird aus ammoniakalischer Lösung selbst bei großer Verdünnung gierig aufgenommen. Und zwar von der äußersten Schicht der Sporangien und den Mittellamellen, die in den deutlichen Zwickeln der Zellecken verquollen erscheinen. Weniger intensiv, aber doch noch sehr deutlich, färben sich die an diese angrenzenden Wandschichten. Blaßrot erscheinen endlich die mächtigen Schleimmassen, zu denen die innersten Wandteile in Sporangien, Stielzellen und in den Rindenzellen verquollen sind. Auch die oben beschriebenen knotenförmigen Verdickungen auf den Querschnittsbildern bleiben blaß. Von den Mittelzellen her ragen die Mittellamellen bis an die Knoten in die Querwände der Rindenzellen hinein. Von der Außenseite ebenso Nur sieht man sie hier öfters gabelig auseinanderweichen oder wenigstens abgestutzt. Auf diese Weise erscheint die Querwand der Rindenzellen nach Färbnng mit Rutheniumrot als ein kompliziertes Gebilde. Die das Plasma der jüngeren Sporangien umgebende Schleimschicht färbt sich übrigens intensiver als bei älteren Sporenbehältern, bei denen die Färbung sehr schwach sein kann.

Die launische Zellulosereaktion mit Chlorzinkjod oder Jodschwefelsäure gab einmal doch ein unzweideutiges Bild. Die innersten Wandschichten der großen Mittelzellen (Fig. 7 ze) verquollen in Jodschwefelsäure und färbten sich dabei intensiv blau. Wir haben somit dasselbe Ergebnis, das OLTMANNS im zweiten Bande seiner Morphologie und Biologie der Algen (1922) auf S. 213 für die Fucaceengruppe angibt: „Die Zellwände der Fucaceen

zeigen Zellulosereaktion in den Schichten, welche dem Plasma anliegen, die weiter außen liegenden Schleimmassen sind Pectate."

Kallosereaktionen verliefen negativ. Anilinblau färbte zwar die granulierten Überzüge der älteren Thallusteile blau, aber die Zellwände selbst blieben farblos. Auch Korallinsoda konnte selbst bei längerer Einwirkung keine Färbung hervorrufen, während gleichzeitig in die Lösung eingelegte Längsschnitte durch Kürbisphloem die rosenroten Kallosemassen schon bald erkennen ließen.

Ammoniakwasser bewirkt starkes Aufquellen der Wände, besonders der hyalinen Schleimmassen. Auffällig war mir das ungeheure Verquellen des Schleimes in der Basalzelle der Sporangien unter der Trennungswand gegen den Tetrasporenbehälter.

Bei Polarisation der Querschnitte löscht der dicke innere Schleimbelag der Rindenzellen (Fig. 7 schl) und ihrer Abkömmlinge total aus. Ebenso die mehrfach erwähnten Verdickungen der Querwände (kn). Sehr hell leuchten die Wände der großen Mittelzellen (ze) auf, während die Zwickel und Mittellamellen auslöschen. Die Wand des Sporangiums hebt sich besonders nach außen hin deutlich von der dunklen Umgebung ab. Die obere Schicht der Außenseite der Rindenzellen, die sogenannte „Kutikula" (Fig. 7 cu), macht sich ebenfalls durch helles Aufleuchten bemerkbar.

Ergebnisse.

1. Das *Dictyota*-Sporangium besitzt eine kolumellaartige Basalzelle mit bedeutender Schleimmenge, die sich während der Sporenentwicklung in das Sporangium hineinwölbt und nach der Sporenentleerung weit über die Thallusoberfläche hervortritt. Sie stellt einen Schwellmechanismus dar, der aller Wahrscheinlichkeit nach bei der Sporenentleerung aktiv tätig ist.
2. Die mittlere Zone der Rindenzellenquerwände ist in älteren Zellen verquollen.
3. Die Zellwände bestehen in der Hauptsache aus Pektinstoffen. Die innersten Schichten der Mittelzellen zeigen starke Zellulosereaktion.

Figurenerklärung.

(Fig. 1—6 mit Zeichenprisma bei Objektiv 8 und Okular 0 gezeichnet.)

Fig. 1. Rindenzellen aus Thallusquerschnitt. a Sporangiummutterzelle.

Fig. 2. Dasselbe. Sporangiummutterzelle älter und größer.

Fig. 3. Basalzelle durch Querwand abgegliedert. Im Sporangium Kernteilungsfigur.

Fig. 4. Querschnitt durch alle Thallusschichten. ri = Rindenschicht, mi = Mittelschicht. Sporangium noch jung.

Fig 5. Altes Sporangium. Trennungswand der Basalzelle in das Sporangium gewölbt.

Fig. 6. Sporangium entleert. Basalzelle weit vorgewölbt.

Fig. 7. Schema der Wandverhältnisse nach verschieden behandelten Schnitten kombiniert. cu = Kuticula, schl = Schleimschicht, kn = im Querschnitt knotenförmige Verdickungen, mi = Mittellamelle, chr = Chromatophoren, ze = zellulosehaltige Membranen der Mittelzellen, t = Tüpfel der Querwände.

---

20. Peter Stark: Geotropische Reizleitung bei Unterbrechung des organischen Zusammenhangs.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 22 Januar 1924. Vorgetragen in der Märzsitzung)

Anschließend an seine bekannten phototropischen Versuche, denen die Fragestellung zugrunde lag, ob von einer wiederaufgesetzten Koleoptilspitze der phototropische Reiz in den Stumpf geleitet werden könne, hat BOYSEN-JENSEN (2) in einer Versuchsserie auch den Geotropismus gestreift und ist zu einem positiven Ergebnis gelangt: *Avena*stümpfe mit wiederaufgesetzter Spitze zeigten nach siebenstündiger geotropischer Reizung eine sehr starke Reaktion, während sich solche ohne Spitze nur ganz schwach krümmten. Es lag in meiner Absicht, diese Vorgänge entsprechend meinen haptotropischen, traumatotropischen und phototropischen Studien (11, 12) einer breiteren Analyse zu unterziehen, aber die Arbeit erlitt eine störende Unterbrechung, und so möchte ich hier nur über einige orientierende Versuche, bei denen ich mich der Unterstützung von Herrn Dr. DRECHSEL (Leipzig) erfreute, berichten, da diese das früher gewonnene Bild erweitern. Über die Methodik brauche ich nichts zu sagen, da sie mit der bisherigen übereinstimmte.

Versuch I: Material: *Avena sativa* (Svalöfer Siegeshafer). Je 9 etiolierte Keimlinge wurden im Dunkelzimmer I. in normalem, II. in dekapitiertem und III. in dekapitiertem Zustande mit wieder aufgesetzter Spitze (Spitzenstücke ca. 4—5 mm) horizontal gelegt und in bestimmten Intervallen die Reaktion abgelesen. Die Resultate gibt Tabelle I:

Tabelle I.

Serie	Reaktion nach			
	1,5 Stunden	3 Stunden	10 Stunden	24 Stunden
I	alle deutlich	ca. 30°	meist 90°	90°
II	0	fast 0	ca. 30°	ca. 60°
III	0	deutlich	ca. 45°	fast 90°

Die Keimlinge mit wiederaufgesetzter Spitze halten sich also in der Mitte zwischen den normalen und den lediglich dekapitierten. Wie jene, so haben auch sie nach einem Tag fast die Vertikallage erreicht, während diese eine mittlere Krümmung von ca. 60° aufweisen.

Versuch II: Material: *Hordeum distichum*; die 3 Versuchsreihen entsprechen den vorhergehenden.

Tabelle II.

Serie	*Indiv.*	Reaktion nach		
		6 Stunden	*10 Stunden*	*24 Stunden*
I	9	ca. 60°	90°	90°
II	5	4 = schwach 1 = 30°	4 schwach 1 = 90°	3 schwach 2 = 90°
III	4	3 = ca. 30° 1 = ca 60°	1 = 30° 3 = 90°	1 = 30° 3 = 90°

Das Ergebnis ist dasselbe wie beim Hafer (Tabelle I).

Versuch III: Material: *Avena sativa* (Svalöfer Siegeshafer). Keimlinge wurden in intaktem Zustande horizontal gelegt. Als sich die eintretende Reaktion deutlich zu erkennen gab, wurden die 12 günstigsten Spitzen abgehoben und auf 12 vertikal stehende Koleoptilstümpfe aufgesetzt. Nach anderthalb Stunden zeigten 3 davon eine sehr deutliche Krümmung im Stumpf entsprechend der Spitzenreaktion, die sich inzwischen verstärkt hatte. Dieser Versuch ist deshalb von methodischer Bedeutung, weil er uns in den Stand setzt, mit Stümpfen zu arbeiten, die dem einseitig wirkenden geotropischen Reiz entrückt sind. Es ist zu vermuten, daß ein größerer Prozentsatz an Krümmungen eingetreten wäre, wenn das Material nach der Spitzenübertragung auf den Klinostaten verbracht worden wäre, da in unserem Versuch der der Vertikallage entsprechende geotropische Reiz der Krümmung entgegenwirkt.

Versuch IV: Material *Triticum polonicum*. In Serie I wurden spitzenlose Stümpfe horizontal gelegt, in Serie II Stümpfe, denen die zugehörige Spitze aufgesetzt war, und in Serie III Stümpfe mit der Spitze eines fremden Individuums. Resultate in Tabelle III.

Tabelle III.

Serie	Indiv.	Reaktion nach			
		2 Stunden	6 Stunden	8 Stunden	24 Stunden
I	7	2 schwach	ca. 20 - 30°	ca. 20 45°	3=45° 4=90°
II	8	8 schwach	ca. 45°	6=ca.60°, 2=90°	alle 90°
III	7	6 schwach	ca. 45°	ca. 60—75°	alle 90°

Sowohl II als auch III zeigen einen wesentlichen Fortschritt gegenüber I. Das besagt aber, daß eine fremde Spitze denselben Einfluß ausübt wie eine eigene. Um eine Staffelung von II und III gegeneinander sicherzustellen, mußte man natürlich mit größerem Material arbeiten.

Die geschilderten Versuche führen zu denselben Folgerungen wie die auf Photo-, Traumato- und Haptotropismus bezüglichen.

Es erübrigt sich noch auf zwei kürzere Mitteilungen hinzuweisen, die in jüngster Zeit über den Gegenstand erschienen sind. Die eine stammt von SNOW (10). Dieser Forscher wandte die Methode von BOYSEN-JENSEN auf Keimwurzeln von *Vicia Faba* an. In einer Kontrollserie wurden 42 dekapitierte Wurzeln ohne aufgesetzte Spitze horizontal gelegt. Nach 15 Stunden zeigten sie eine starke und vier schwache geotropische Krümmungen. In der Hauptserie wurden 76 dekapitierte Wurzeln mit wiederaufgesetzter Spitze in derselben Weise behandelt mit dem Erfolg, daß nach derselben Zeit 45 Krümmungen vorhanden waren, die zwischen 30° und 90° schwankten. Also hier deutlichster Einfluß der Spitze.

Weiterhin stellte SNOW folgenden interessanten Versuch an, der in Fig. 1 illustriert ist. Schräg dekapitierte Spitzen wurden so an den Stumpf gefügt, daß nunmehr die Spitze horizontal lag, während der übrige Teil der Wurzel normale vertikale Orientierung zeigte. Diesem Versuch liegt derselbe Gedanke zugrunde, den CZAPEK (5) bei dem Hineinwachsenlassen der Wurzeln in gebogene Röhrchen verfolgte: Spitze und Wachstumszone in konträre Reizlage zu versetzen. Es zeigten sich tatsächlich andeutungsweise die Krümmungen, die zu erwarten waren, wenn die Direktion von der Spitze ausgeht. „But the results, though favorable, were not pronounced enough, to be convincing."

SNOW schließt sich — jedoch mit einem gewissen Vorbehalt — der von BOYSEN-JENSEN, PAÁL und STARK vertretenen Auffassung an, daß die Diffusion tropistisch wirkender Substanzen aus der Spitze nach dem Stumpf in all diesen Versuchen das treibende Agens ist. Er weist aber auf noch eine andere Möglichkeit hin:

„It might be, that the effect of decapitation was to make perception impossible, not only by removing the highly sensitive tip, but also by destroying the sensivity of the responding region by some effect of wound shock or correlative disturbance. When, therefore, the tip was replaced, it might bring about response, not by transmitting back geo-excitation trough the gelatine, but by transmitting some influence that restored the sensitivity of the lower zones.“ Man denkt an die Befunde MIEHEs bei *Tradescantia*, wo eine geotropische Reaktion im Internodium ausbleibt, wenn die Knospe des darüberliegenden entfernt wird.

SNOW beschreibt einen Versuch, von dem man vielleicht hätte erwarten können, daß er eine gewisse Klarheit bringt. Er fügte die Spitze, wie Fig. 2 zeigt, asymmetrisch an, so daß sie

Fig. 1. Fig. 2

gegen den Stumpf nach oben verschoben war. Käme es bloß auf den Kontakt mit der Spitze an, dann könnte man wieder abwärts gerichtete Reaktion erwarten. Tatsächlich krümmen sich jetzt die Wurzeln nach oben. Das scheint verständlich, wenn man lediglich die Perzeption der Spitze als maßgebend betrachtet: Die Stoffe der Unterflanke der Spitzen wandern ja jetzt in die Oberfläche des Stumpfes: Die Reaktion schlägt um! Aber die Verhältnisse sind so komplex, daß sie, wie SNOW selbst zugibt, gar nichts beweisen. Der Versuch fällt nämlich gerade so aus, wenn man die Wurzel um 90° verdreht, so daß die Spitze nach unten zeigt, also keine geotropische Induktion stattfindet: Der Stumpf krümmt sich nach der Flanke, auf der Spitzenkontakt herrscht. Wir haben es also mit einer traumatotropischen Reaktion (die freilich hier positiv wäre, während sie sonst bei Wurzeln negativ ist!) oder einer chemotropischen zu tun, oder die Krümmung ist entsprechend den Anschauungen von PAÁL so zu deuten, daß sie durch einseitige Zufuhr von Wuchsenzymen bedingt ist. Wir kommen also auf diesem Weg in der Alternative nicht weiter. Soviel ist aber sicher, daß die Möglichkeit, auf die SNOW hinweist, nicht

verallgemeinert werden darf; so gilt sie bestimmt nicht für die hier geschilderten Versuche, bei denen geotropisch gereizte Koleoptilspitzen auf ungereizte Stümpfe gesetzt wurden.

Ich wende mich der zweiten Mitteilung zu, die von BRAUNER stammt (4). Sie schließt sich eng an die frühere Arbeit des Forschers über das phototropische Verhalten von *Avena*koleoptilen an (3) und dehnt die Erfahrungen auf den Geotropismus aus. In drei parallelen Versuchsreihen wurden erstens intakte Keimlinge, zweitens dekapitierte Keimlinge und drittens dekapitierte Keimlinge, denen nach der Reizung vertikal verbliebene Spitzen aufgesetzt wurden, 10 Minuten horizontal gelegt und dann aufgerichtet. Die drei Serien umfaßten jeweils 33 Individuen. Der Prozentsatz der Reaktion betrug bei der ersten 87,9%, bei der zweiten 27,3% und bei der dritten 72,9%. Es zeigt sich also, daß die sonst nur sehr wenig reagierenden Koleoptilstümpfe zu recht beträchtlicher Reaktionsziffer, die der normalen nahekommt, gebracht werden können, wenn man ihnen nachträglich ungereitzte Spitzen aufsetzt. Wenn man wollte, könnte man hier durchaus auf die Betrachtung zurückgreifen, auf die SNOW hingewiesen hat: Die Stümpfe sind zwar perzeptionsfähig, aber es bedarf des korrelativen Zusammenhangs mit der Spitze, damit eine Reaktion zustande kommt. BRAUNER aber schlägt wie für die entsprechenden phototropischen Versuche folgende Erklärung vor: Durch die Horizontallage wird die Permeabilität auf der Ober- und Unterseite in verschiedenem Maße beeinflußt, so daß nachher, wenn die ungereizte Spitze aufgesetzt wird, eine ungleichmäßige Diffusion nach abwärts erzeugt wird; so schafft diese Permeabilitätsänderung die Bedingungen für das Entstehen einer chemischen Polarität im Stumpf. Die Erklärung ist an sich einleuchtend; BRAUNER stellt in Aussicht, den Tatsachenbeweis für die postulierte Annahme zu bringen, die in Versuchen von SMALL (9) eine Stütze findet. Durch TRÖNDLE ist ja auch der Einfluß des Lichts auf die Permeabilität sichergestellt (13). Es ist jedoch darauf hinzuweisen, daß es nicht ganz leicht ist, diese Vorstellungen auf die gerade reziproken Versuche von BOYSEN-JENSEN, PAÁL und STARK zu übertragen. Hier wurde die Spitze einseitig phototropisch, geotropisch oder traumatotropisch gereizt, und die Krümmung erschien im unbelichteten Stumpf. BRAUNER äußert, um dieser Schwierigkeit zu entgehen, folgenden Gedanken: „Das exponierte Spitzenstück hatte stets eine verhältnismäßig bedeutende Länge (bei PAÁL z. B. bis zu 5 mm), und eine so ausgedehnte Zone stellt sicher nicht nur den Produktionsort der Reizstoffe dar. Denn dieser ist vielleicht nur

in der Epidermis der äußersten Spitze gelegen, die drüsigen Charakter — auffallenden Plasmareichtum und große Kerne — aufweist. Das darunter liegende Gewebe wäre dann also schon ein Teil der Diffusionsbahn und damit die Schleuse, welche durch die vom *Reiz verursachte Permeabilitätsänderung das Herabströmen der Wachstumsstoffe in den ungereizten Stumpf regelte.*" BRAUNER selbst weist darauf hin, daß seine Deutung jene andere, nach der der einseitige Reiz stoffliche Änderungen auf der Reizfläche auslöst, nicht ausschließt. Beide Vorgänge können sich nebeneinander abspielen. So möchte ich an jener stofflichen Erklärung festhalten einmal darum, weil ja beim Traumatotropismus die Wundextraktwirkung ganz einwandfrei nachgewiesen ist, und weil ferner eine ganze Fülle von Tatsachen darauf hinweist, daß beim Phototropismus photochemische Vorgänge eine wichtige Rolle spielen. Auch die jüngst veröffentlichten Versuche von METZNER (6) weisen nach dieser Richtung. Und jeden Tag können für den Geotropismus ähnliche Argumente beigebracht werden.

Literatur.

1. BOYSEN-JENSEN, Bull. Acad. Roy. Danm. 1911
2. — —, Ber. d. D. Bot. Ges. 31. 1913.
3. BRAUNER, Zeitschr. f. Bot. 14. 1922
4. —, Ber. d. D. Bot. Ges. 41. 1923.
5. CZAPEK, Jahrb. f. wiss. Bot. 27. 1895
6. METZNER, Ber. d. D. Bot Ges. 41 1923
7. MIEHE, Jahrb. f. wiss. Bot. 37. 1902
8. PAÁL, Jahrb. f. wiss. Bot. 58. 1911
9. SMALL, Proc. Roy. Soc. London. 1918 Ser B.
10. SNOW, Ann. of. Bot 37. 1923.
11. STARK, Jahrb. f. wiss. Bot. 60. 1921.
12. STARK und DRECHSEL, Jahrb. f. wiss. Bot. 61 1922
13. TRÖNDLE, Jahrb. f. wiss. Bot. 48. 1910.

21. E. W. Schmidt: Die fungizide Wirkung von Seifenlösungen.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 10. Februar 1924. Vorgetragen in der Märzsitzung.)

Bei Bekämpfungsversuchen der Trauben- und Stielfäule im Weinbau, hervorgerufen durch *Botrytis cinerea*, hat sich seit längerem ergeben, daß das bisher einzig brauchbare Mittel zur Bekämpfung dieses Schädlings Spritzbrühen aus Schmierseifen sind. Und es war zumal MUTH[1]), der neuerdings auf die Seife als ein „sicheres Mittel im Kampfe gegen das Oidium beim Versagen des Schwefels" hinwies. Dieses Mittel ist rein aus der Empirie erwachsen; worauf seine Wirkung beruht, war bisher nicht zu erweisen. Im übrigen wird die Seife als Insectizid gewertet und außerdem besonders als ein die Benetzung erhöhendes Mittel für zusammengesetzte Spritzbrühen.

Meine im folgenden über das Zustandekommen einer fungiziden Wirkung von Seifenlösung mitgeteilten Befunde zeigen nun, daß die Seife nicht nur zur Erhöhung der Benetzungsfähigkeit und als Insectizid, sondern tatsächlich auch als Fungizid von beträchtlicher Bedeutung ist und es sich empfehlen dürfte, für die Folge Versuche anzustellen, ob nicht auch andere durch Pilze hervorgerufene Krankheiten an unseren Kulturpflanzen mit Seifenlösung erfolgreich zu bekämpfen sind. Es ist die Annahme einer fungiziden Wirkung von Seife auf krankheitserregende Pilze (soweit sie epiphytisch sind) um so berechtigter, als bei der Untersuchung des Verhaltens von Pilzen in Seifenlösung von mir außer *Botrytis* auch *Monilia* und *Fusicladium* herangezogen wurden, die im Prinzip die gleichen eigenartigen Erscheinungen in Seifenlösung zeigten wie *Botrytis*. Und zwar handelt es sich um eine bisher unbekannte, durch Aufenthalt in Seifenlösung willkürlich hervorzurufende Erkrankung des Pilzes, die zum Tode zu führen vermag, und die ich als Verfettung bezeichnen möchte. Es hat diese Erscheinung nichts mit der sogenannten fettigen Degeneration zu tun, die bekanntlich sehr häufig bei alternden Pilzzellen auftritt, und die nur noch beschleunigt werden kann durch schlechte Ernährung

1) MUTH, FRDR., Der Schwefel und die Oidiumbekämpfung. (Wein und Rebe 1920, 2. Jahrg., Heft 8, S. 411.)

und durch Gifte. Die „Verfettung“ aber kann man schon in den ersten Wachstumsanfängen, ja bei der noch ungekeimten Spore selbst erzielen, so daß die Keimung verhindert wird oder die eben gebildete Keimhyphe in der Entwicklung stecken bleibt. Selbst bei optimalen Lebensbedingungen kann die „Verfettung“ bei noch jungen Vegetationen innerhalb 24 Stunden durch geeignete Maßnahmen erzwungen werden.

Spritzt man eine einprozentige Schmierseifenlösung mittels eines feinen Zerstäubers auf Objektträger, läßt die Spritztröpfchen an freier Luft antrocknen, setzt dann einen Tropfen Wasser auf den Objektträger und beimpft diesen Tropfen mit *Botrytis*sporen, so kann man nach 24 Stunden bei Zimmertemperatur die beginnende „Verfettung“ der Pilzsporen feststellen. Schon bei schwacher Vergrößerung zeigt sich ein auffallendes Bild gegenüber der Kontrolle (Sporen im Wassertropfen auf dem Objektträger ohne Seife). Die Sporen sind stärker gequollen, dunkler in ihren Konturen, von hell glänzenden Tröpfchen erfüllt. Bei genauerer mikroskopischer Untersuchung ergibt sich, daß die Sporen mehr oder weniger reichlich Fetttröpfchen der verschiedensten Größe enthalten. Färbung mit Sudan III und Lösung in Chloroform bestätigt auch mikrochemisch, daß es sich um Fett handelt. Zunächst liegen sie dichtgedrängt zu vielen kleinen Tropfen in der Zelle, die wie vollgestopft damit erscheinen kann. Später (nach 48 und mehr Stunden) *beginnen die Tropfen zu größeren Fettschollen zusammenzufließen* oder auch runden sich zu einer einzigen großen Fettmasse innerhalb der Spore ab, welche nunmehr die ganze Spore hellglänzend ausfüllt (Fig. 2 und 2a). *Im allgemeinen kommt* es bei einprozentiger Seifenlösung zu keiner Keimung. Erfolgt Keimung, die zweckmäßig in einer Seifenlösung von 0,25—0,5 % Seife in Wasser mit 0,25prozentigem Zuckerzusatz untersucht wird, so ergibt sich ein deutlich pathologisches Keimungsbild. Die Keimhyphen sind mastig, dick und kurz, oftmals einseitig angeschwollen und ausgebuchtet, meist sind aus der Spore gleichzeitig mehrere Keimhyphen hervorgetreten, die sich oftmals eigenartig verkrümmen und verschlingen (Fig. 3). Dabei sind die Hyphen stets dicht erfüllt mit Fettkugeln, die bei fortlaufender Beobachtung im Laufe von Tagen dauernd an Größe zunehmen, in alten Präparaten schließlich zusammenfließen und, die ganze Hyphe erfüllend, nunmehr einen einzigen Fettstrang fast in jeder Zelle bilden (Fig. 1). Das Wachstum wird bald nach der Keimung sistiert, solange Seifenlösung vorhanden ist. Wäscht man derartig behandelte Sporen bzw. Keimanfänge nach 24stündigem Verweilen in der Seifenlösung

gut aus und überträgt sie in Wasser, so können nach und nach die Fettropfen aus den Zellen verschwinden. So wurden z. B. *Botrytis*sporen, die 24 Stunden in einer 0,5 prozentigen Seifenlösung gelegen hatten, und mit Fett erfüllte Sporen und auch schon vereinzelte, mit Fett angefüllte Keimhyphen aufwiesen, am 12. XII. in Wasser überführt nach gutem Auswaschen. Am 15. XII. waren

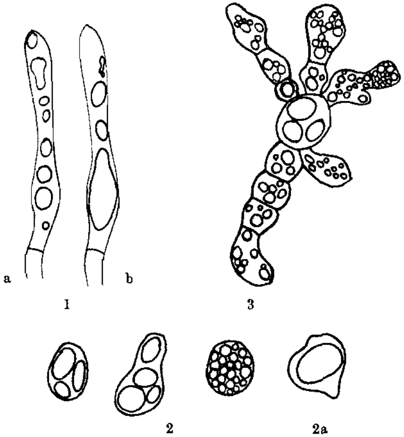


Fig. 1. Zusammenfließen von Fettropfen in *Botrytis*hyphen in 0.5% Seifenlösung (a). b 24 Stunden später. — Fig. 2. Bildung großer Fettropfen nach 48 und mehr Stunden. — Fig. 3. Pathologisches Keimungsbild aus einer 0.5% Seifenlösung.

noch dicke Fettropfen in den Sporen, die jetzt mehr bräunlich gefärbt erschienen, vorhanden; auch die Keimhyphen waren noch mit sehr feinen Fetttröpfchen bis an die Spitze angefüllt. Die Hyphen wuchsen langsam weiter, am 17. XII. war das Fett zum großen Teil in den Hyphen verschwunden, neu ausgekeimte Hyphen waren fettfrei. Überträgt man die verfetteten Pilzzellen in optimale Ernährungsverhältnisse (z. B. Pflaumensaft), so verschwinden mit zunehmendem Wachstum die Fettropfen schneller aus den Zellen. Nach tagelangem Aufenthalt in 0,5 prozentigen Seifenlösungen ist die Erscheinung der Verfettung jedoch nicht mehr reversibel.

*Botrytis*sporen, die in 0,5prozentiger Seifenlösung 3 Tage gelegen hatten und z. T. gekeimt waren in der beschriebenen Weise, wurden nach dieser Zeit in Wasser übertragen. Als sie hier nach 20 Tagen keinerlei Wachstum zeigten, vielmehr die Fettröpfchen schon teilweise begannen zusammenzufließen, wurde Pflaumensaft dem Wasser zugefügt, aber trotz der nunmehr gebotenen günstigen Lebensbedingungen trat kein Abbau des Fettes mehr ein. Die Fettropfen verschmolzen mehr und mehr, nachdem vorher schon die Hyphen ein perlschnurartiges Aussehen erhalten hatten infolge der regelmäßigen Anordnung dichtgedrängter großer Fettröpfchen in den einzelnen Zellfäden. Das Zusammenfließen der Fettropfen scheint der Anfang einer zellulären Degeneration zu sein, die zum Tode der Zellen führt.

Setzt man zu einer Pflaumensaftlösung, in die *Botrytis*sporen ausgesät waren, 0,5 % Seife hinzu, so ist das Wachstum zwar nicht zu unterdrücken, aber auch hier erfolgt eine Verfettung, die keinen Zweifel zuläßt, daß trotz bester Ernährung die zwangsläufige Fetteinführung in die Zelle nicht zu verhindern ist. Das gleiche ist der Fall, setzt man Seife zu Agarnährböden und sät auf diese die *Botrytis*sporen aus.

Die Seifenwirkung, erkennbar an der Verfettung von Sporen und Hyphen, ist in Wasser selbst bei 0,01prozentigem Seifenzusatz noch deutlich sichtbar, bei Zusatz zu Pflaumensaft tritt noch bei 0,1 % Seifengehalt reichlich Fett auf. Gleichzeitig ist eine hemmende Wirkung ebenfalls noch feststellbar, die im Wasser infolge der schlechten Ernährung entsprechend stärker ausfällt, als im Pflaumensaft. *Um dem immerhin möglichen Einwand zu begegnen,* die bei der hydrolytischen Spaltung der Kaliseifen in Wasser entstehende Kalilauge rufe die Fettbildung hervor, wurden Versuche mit 0,1 % und 0,5 % KOH in Wasser angestellt. In beiden Lösungen *keimten die Sporen nicht, sondern* waren *nur* geschwollen, besonders stark in 0,1 %, aber Fett trat nicht auf.

Es dürfte sich somit die Wirkung der Seifenspritzung auf Botrytis bei der Bekämpfung der Stiel- und Fruchtfäule des Weines — und wahrscheinlich auch die Wirkung auf Oidium — wohl in folgender Weise erklären: Die aufgespritzte Seife wird, sofern *sie in der Spritzbrühe noch nicht vollständig hydrolysiert* wurde, durch Tau, Wasserdampf, Regen usw. hydrolytisch gespalten *in Ölsäure und KOH, welches seinerseits selbst schon in geringen* Verdünnungen, wie ich feststellen konnte, auf *Botrytis*sporen hemmend einwirkt. *Das Kaliumoleat ist stark oberflächenaktiv*, wasser- und zugleich lipoidlöslich, wird daher von der Sporenoberfläche

zunächst stark adsorbiert, und es dringt sodann die hydrolytisch abgespaltene freie Ölsäure, durch den stets verbleibenden nicht hydrolysierten Seifenrest emulgiert, in den Sporenprotoplasten mit dem bei der Quellung der Sporen in diese eintretenden Wasser ein. Aus der in die Zelle eingedrungenen Ölsäure entstehen kleine Fettdepots, die sich entsprechend den Gesetzen der Oberflächenspannung zu Einzelkugeln abrunden und zunächst in Vakuolen deponiert werden dürften. So oft nun im Verlauf einer weiteren Aufnahme von Ölsäure bzw. einer Vergrößerung der einzelnen Tröpfchen oder einer Verschiebung dieser Tröpfchen durch Wachstumsvorgänge jene miteinander in Berührung kommen, erfolgt ein Zusammenfließen zu größeren Kugeln. Diese oberflächenenergetisch begründete Kugelbildung hat aber eine Grenze, die durch die Zellmembran der Sporen und Hyphen gesetzt ist. Es kommt nun, vor allem in den Hyphensträngen — in der Spore entsteht schließlich eine einzige große Fettkugel —, beim Zusammenfließen der Fettropfen zur erzwungenen Annahme einer Strangform, entgegen der Oberflächenspannung der Tropfen, die aber dieser ihrer Deformierung einen erheblichen Widerstand entgegensetzen. Umgekehrt muß die wachsende Zelle zur Überwindung dieser einer Vergrößerung der Oberfläche durch Aufgabe der Kugelform entgegenstehenden Energie beträchtliche Arbeit leisten, welche physiologische Mehrleistung aber nur kurze Zeit möglich ist, da gleichzeitig mit dem Zusammenfließen der Fettropfen die zarten plasmatischen Vakuolenhäute, welche die einzelnen Fettropfen bis dahin umgeben hatten, zerrissen werden und so der gesamte Protoplast nach und nach zerstört wird.

Selbst wenn aber die Verfettung von Sporen und Keimhyphen nicht zum Tode führen sollte, so werden sämtliche Zellorgane durch die Verfettung in ihrem normalen physiologischen Verhalten sehr stark gehemmt. Es erfolgt gewissermaßen eine Inaktivierung der parasitischen Eigenschaften, die Pathogenität wird unterdrückt, der Pilzorganismus ist infolge der Verfettung nur noch imstande, ein saprophytisches Dasein durchzuführen; er vegetiert kümmerlich bis zum schließlich doch noch erfolgenden Tode. Ein Angriff auf den Wirtsorganismus aber, selbst dort, wo die Möglichkeit durch Verwundung etc. gegeben wäre, ist nicht mehr möglich: aus einem fakultativen Parasiten von oftmals großer Gefährlichkeit ist nunmehr ein harmloser Saprophyt geworden.

22. E. W. Schmidt: Über zellphysiologische Versuche mit Digitonin.

(Eingegangen am 10. Februar 1924. Vorgetragen in der Märzsitzung.)

Es wurden in eine einprozentige Digitoninlösung Mougeotia-Fäden (eine kleine und eine große Spezies, beide nicht näher bestimmt) eingetragen. Schon nach 20—30 Sekunden beginnen die Fäden sich zu verschieben. Es treten oszillatorische Bewegungen ein, und wenige Sekunden darauf zerspringen die Fäden einer nach dem anderen. Bei schwacher Vergrößerung betrachtet erscheint das ganze Gesichtsfeld wie belebt durch zuckende und hin und her schnellende Zellfäden, die in die Einzelzellen zerfallen. Nach wenigen Minuten sind so gut wie sämtliche Fäden, die in die Lösung eingetragen waren, zersprungen. Man findet nach dieser Zeit überwiegend Einzelzellen neben zwei- und dreizelligen Formen, kein Zellfaden ist mehr ganz geblieben. Diese Erscheinungen sind seit längerer Zeit schon bekannt und lassen sich durch die verschiedensten äußeren Einflüsse hervorrufen. Bei der Einwirkung von Digitonin auf *Mougeotia* wird aber nicht nur diese eigenartige Reaktion hervorgerufen, sondern es kommt noch ein besonderes Verhalten des Chloroplasten dabei hinzu, weshalb es sich wohl verlohnt, diese Erscheinungen noch im besonderen zu verfolgen.

Nach Eintragung der Zellfäden in die Digitoninlösung sieht man den einzelnen Zellen zunächst nichts an. Bei genauester fortlaufender Beobachtung mit starken Systemen kann man jedoch erkennen, wie an einem Ende einer Zelle im Zellverbande der große Chromatophor sich etwas zurückzieht, es entsteht ein heller Protoplasmasaum, der lebhafte BROWNsche Molekularbewegung seiner Teilchen aufweist. Ein feiner Strom Protoplasmas bewegt sich als Zirkulationsstrom an der Zellquerwand entlang. Diese selbst stülpt sich während dieses Vorganges in das Lumen der benachbarten Zelle hinein. Plötzlich kontrahiert sich der Chromatophor sehr stark, und zwar häufig in der Weise, daß eine farblose Einstülpung nach innen an dem einen Ende oder auch an beiden erfolgt, etwa wie wenn man einen Handschuhfinger einstülpt. Darauf fliegt mit einem kräftigen Ruck die Nachbarzelle von dieser Zelle ab, wobei sich die Querwand bogenförmig nach

außen krümmt, ein Trennungsmechanismus, der ja für *Mougeotia*-Fäden als charakteristisch bekannt ist. Dieser Vorgang kann kurz nacheinander an beiden Zellenden einer Einzelzelle im Gesamtfadenverbande eintreten. Sogleich nach der Abstoßung gehen weitere intrazelluläre Verschiebungen in der isolierten Zelle vor sich. Der Chromatophor schrumpft zunächst in seiner Querachse und erfährt dabei vielfach noch Drehungen in der Längsachse. Während dieser Vorgänge setzt ein langsames Verblassen des Chromatophors ein. Die Pyrenoide treten immer deutlicher hervor, hier und da gelingt es, ein Auseinanderfallen der Pyrenoide in die einzelnen Stärkeanteile, die ihrerseits schalenartig abspalten, zu beobachten. Schließlich, nach Stunden, ist der Chromatophor in seinem Stroma ganz beträchtlich aufgehellt, ja oft ganz farblos geworden und kaum noch zu erkennen. Das Stroma sieht jetzt wie ausgelaugt aus und erscheint wesentlich aufgelockert. Die gänzlich in einzelne Stücke zerspaltenen Pyrenoide sind ihm noch eingebettet.

Anfärbungen, etwa mit Methylviolett 1 : 10 000, zeigen deutlich, daß der Protoplast nicht plasmolysiert ist, sondern, im Querschnitt gesehen, eine Röhre darstellt, innerhalb welcher der Chromatophor geschrumpft liegt.

In Versuchen mit größeren Mengen von *Mougeotia*-Zellfäden gelang es nicht, diese durch Digitoninzusatz vollständig zu entfärben. Makroskopisch erschienen die nach kurzer Zeit aus den langen Algenfäden entstandenen Tausende von Einzelzellen immer noch grün. Aber auch hier ergab die mikroskopische Kontrolle die weitgehende Verblassung der Stromata in allen Stadien bis zu fast gänzlicher Farblosigkeit innerhalb 24 Stunden. BOAS[1]) konnte bei höheren Pflanzen die Erhöhung der Durchlässigkeit für Farbstoffe durch Saponine feststellen (z. B. an Blaukrautzellen). Haben wir es bei den Versuchen BOAS' mit Austritt im Zellsaft gelöster Farbstoffe aus der Zelle zu tun, so liegt in dem Falle der *Mougeotia*-Fäden ein Austritt von Farbstoff aus dem Chloroplasten, also einem selbständigen Anteile des Protoplasten, vor. Dieser Austritt von Chlorophyll erinnert lebhaft an die Erscheinung der Hämolyse; und man könnte in diesem Falle geneigt sein, in Analogie zu der Hämolyse der roten Blutkörperchen durch Saponine gewissermaßen von einer Chlorolyse zu sprechen, wenn dieser Vor-

---

1) BOAS, FR., Beiträge zur Kenntnis der Wirkung des Saponins auf die pflanzliche Zelle (Ber. d. D. Bot. Ges. 1920, Bd. XXXVIII, S. 350).

gang einheitlich für alle Chloroplasten wäre. Bei Versuchen an Mniumchloroplasten konnte ich jedoch den gesuchten Effekt nicht erzielen, so daß vorläufig dieser eigenartigen Erscheinung eine Gesetzmäßigkeit noch nicht wohl zugesprochen werden kann.

---

23. H. Seckt: Ist Caesalpinia Gilliesii Wallich insectivor?

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 11. Februar 1924. Vorgetragen in der Märzsitzung.)

Caesalpinia Gilliesii, ein reich verzweigter Strauch von 1—2 m Höhe (nicht ein Baum, wie TAUBERT in seiner Bearbeitung der Leguminosen in den Natürl. Pflanzenfamilien angibt), ist in allen trockenen Gebieten des mittleren und nordwestlichen Argentiniens weit verbreitet. Sie gilt für giftig, und wohl mit Recht, da die ganze Pflanze reich an Saponin ist und auch Muskarin, Amanitin und mehrere andere Alkaloide enthält. Wenn man trotzdem kaum jemals von Vergiftungserscheinungen des Viehs durch die Pflanze hört, so erklärt sich das wohl daraus, daß die Tiere sie wegen ihres ziemlich unangenehmen Geruches überhaupt nicht anrühren. Öfter sollen bei Menschen und Tieren Bindehautentzündungen der Augenlider durch die blühende Pflanze verursacht werden, worauf wohl auch der Volksname „Mal de ojos“ (Augenübel) oder auch „Lagaña de perro“ (Hunde-Triefauge) zurückzuführen ist. Wieweit für eine solche schädliche Eigenschaft aber die in Stengel und Laub enthaltenen Glykoside oder Alkaloide verantwortlich zu machen wären, ob es sich dabei nicht vielleicht eher um eine Blütenstaubwirkung handeln wird, ist mir nicht bekannt.

Was die in Frage stehende *Caesalpinia*-Art in Argentinien mit dem besonderen Nimbus des Interessanten und Geheimnisvollen umgeben hat, ist die zuerst von HIERONYMUS ausgesprochene Ansicht, daß sie Insekten finge und verdaue, eine Ansicht, die in fast sämtliche botanisch-pharmazeutische und Schulbuchliteratur Argentiniens übergegangen ist und wohl auf Grund der großen und wohlberechtigten Autorität HIERONYMUS' kritiklos und ohne Nachprüfung weiterverbreitet wird. Über Argentiniens Grenzen hinaus scheint diese Anschauung freilich nicht gelangt zu sein; wenigstens wird sie weder in GOEBELs schöner Insektivoren-Arbeit, noch in

LUDWIGs Biologie, noch in sonst einem der mir zugänglichen botanischen oder biologischen Lehrbücher zitiert, allerdings, wie ich im folgenden ausführen werde, ganz mit Recht.

HIERONYMUS schreibt über die *Caesalpinia* in seinen „Plantae diaphoricae Florae Argentinae"[1]) folgendes:

„Dieser Strauch ist insektenfressend. Kleine Insekten, z. B. Mücken, Schnaken usw., bleiben an allen seinen blütentragenden Sprossen, Scheiden usw. kleben, an denen sich Drüsen (Drüsenhaare) befinden, die einen klebrigen und für die Insekten giftigen Saft ausscheiden. Sie sterben in kurzer Zeit, und vermittels derselben giftigen Flüssigkeit, die die erwähnten Drüsen absondern, verdaut die Pflanze alle Stoffe, die das tote Insekt enthält, mit Ausnahme des Chitins. In gleicher Weise vermag die Pflanze Fleisch und Eiereiweiß zu verdauen. Stubenfliegen und andere größere Insekten sterben ebenfalls, wenn sie den giftigen Saft der Drüsen zu sich nehmen, und zwar im Laufe von 1½ Stunden. Aus diesem Grunde können die blütentragenden Zweige der Pflanze verwendet werden, um diese Insekten in den Wohnungen zu vernichten, indem man die Zweige in die Fenster stellt oder sie in der Mitte des Zimmers aufhängt."

„Ich habe eine ausführlichere Arbeit über diese hochinteressante Pflanze in Vorbereitung. Ich glaube, daß noch andere Arten der gleichen Gattung existieren, z. B. *C. mimosifolia* Gris, die ebenfalls insektenfressend sind."

Diese ausführlichere Arbeit dürfte die in den Jahresberichten der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur, LIX, 1881, S. 284—285, erschienene kleine Abhandlung „Über *Caesalpinia Gilliesii* Wall. als insektenfressende Pflanze" sein, die zu erlangen mir leider nicht möglich gewesen ist. Ich weiß daher nicht, ob und in welcher Weise HIERONYMUS mit der Pflanze experimentiert hat.

Nach HIERONYMUS' Darstellung würde der Fang und die Verdauung bei der *Caesalpinia* also etwa nach Art des bei Drosophyllum ausgebildeten Fang- und Verdauungsprinzips vor sich gehen: die gleichen Drüsen sind zugleich Fang- und Digestionsorgane, Bewegungserscheinungen sind nicht zu beobachten.

Die Drüsen der *Caesalpinia* sind ziemlich große, vielzellige Trichomgebilde mit Stiel und kugeligem Köpfchen. Anfangs leuchtend rosenrot gefärbt, geht die Farbe bald in schwarzbraun

---

1) Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba, IV, 1882, S. 199—598. — Ich gebe den betreffenden Abschnitt in der deutschen Übersetzung des spanischen Textes wieder.

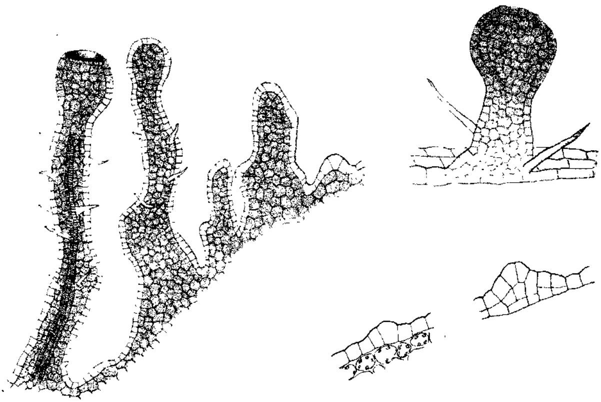
über. Die Oberfläche besonders die des Köpfchens, erscheint glänzend und klebrig, trocknet aber meist schon innerhalb weniger Tage aus und wird dabei runzlig und glanzlos. Sie bedecken in großer Menge die jungen Sprosse und besonders den Stengel und die Hauptachse der Blütenregion; vereinzelt finden sich Drüsenhaare auch auf den Blattstielen der jungen Laubblätter; auf den Blättchen und an den Nebenblättern fehlen sie völlig. Am reichlichsten entwickelt sind sie, wie gesagt, an der Blütenstandachse, aber auch an den Blütenstielen und auf den Kelchblättern, besonders solange sich die Blüte noch im Knospenzustande befindet.

Was die Entstehung der Drüsenhaare betrifft, so ist darüber zu bemerken, daß sie ihren Ursprung aus zwei benachbarten Epidermiszellen nehmen, die sich vorwölben, in radialer Richtung etwas strecken und bald durch perikline Wände teilen. Diese antikline Streckung und die periklinen Teilungen gehen dann gewöhnlich auch in den benachbarten Epidermiszellen in mehr oder weniger merklicher Weise vor sich. Die äußeren Tochterzellen der Epidermiszellen bleiben chlorophylllos, in den inneren dagegen entwickelt sich Chlorophyll. Die weiteren Teilungen vollziehen sich in der Epidermis des Haares dann nur noch antiklin, in dem inneren, jetzt mehr oder weniger grünen Gewebe aber in verschiedener Richtung, und da nun auch die subepidermalen Zellen der Stengelrinde sich ziemlich lebhaft zu teilen beginnen, so entwickelt sich ein zellenreicher Körper, der an Umfang und Länge immer mehr zunimmt und zylindrische Gestalt bekommt. Nach SACHS ist das ganze Gebilde also nicht als Trichom zu bezeichnen, sondern als Emergenz. Im Innern des Zylinders bilden sich Ring- und Spiralgefäße aus, die nach unten zu Anschluß nehmen an die Leitbündel des Stengels. Auf der Oberfläche entstehen häufig in der unteren und mittleren Region des Zylinders durch Vorwölbung und Streckung mancher Epidermiszellen einzellige Haarbildungen von zugespitzter Form, und nicht selten kommt es auch zu Verzweigungen des Trichoms.

Nach einiger Zeit beginnen die Zellen am oberen Ende des Trichoms sich in radialer Richtung zu verlängern, wodurch dieser Teil des Haares au Dicke zunimmt und nach und nach kugelige Gestalt gewinnt. In den gestreckten Epidermiszellen und in den Zellen, die das Innere des kugeligen Köpfchens einnehmen, finden lebhafte Querteilungen statt, infolge deren sich der Durchmesser der Kugel wesentlich vergrößert. Etwas später wölbt sich die Kugel an ihrem oberen Pole etwas ein, so daß der ganze Körper die Form eines flachen Bechers bekommt. Der Inhalt der Köpfchen-

zellen, aber auch der der Zellen im oberen und mittleren Abschnitte des Stieles, färbt sich durch reichliche Anthocyanbildung anfänglich rosa, später dunkler rot bis rotbraun.

Schon ehe das Köpfchen seine definitive Größe erreicht hat, beginnen seine Epidermiszellen einen klebrigen Saft auszuscheiden. Der Beginn dieser sekretorischen Tätigkeit macht sich dadurch bemerkbar, daß im Innern der Zellen Tröpfchen auftreten, die



durch die Membran nach außen hindurchtreten, ohne daß es erst zu einer Vorwölbung der Kutikula käme. Die gleiche Bildung findet etwas später auch in den Epidermiszellen des Stieles statt. Eisenchlorid bewirkt Schwarzgrün-Färbung; Kaliumbichromat erzeugt einen allmählich sich bildenden, feinkörnigen Niederschlag von braunroter Farbe; Osmiumsäure schwärzt die Tröpfchen in den Zellen und das äußere Sekret; Methylenblau verursacht Blaufärbung des Saftes und des Zellinneren, wobei die anfänglich hellblaue Färbung allmählich immer intensiver wird, und im Laufe von 24 Stunden sowohl außen wie innen ein feinverteilter, dunkelblauer Niederschlag gebildet wird.

Die ausgeschiedene Flüssigkeit, die bald die Oberfläche des ganzen Trichoms bedeckt, ist etwas fadenziehend und zeigt deutlich saure Reaktion. Nach dem Ergebnis der Reaktionen vermute ich, daß das Sekret gerbstoffhaltig ist. Ob es ein Enzym enthält, habe ich chemisch nicht feststellen können, glaube das aber auf Grund meiner Versuche verneinen zu können, trotz der Angabe DOERINGs, daß in der Pflanze Enzyme vorkommen[1]). Welche Bedeutung die Drüsenhaare und ihr Sekret im Leben der Pflanze spielen, vermag ich nicht anzugeben; daß sie nicht zum Fange von Insekten und zu deren Verdauung dienen, dürfte aus folgenden Versuchen, die ich mit der *Caesalpinia* angestellt habe, mit Sicherheit hervorgehen.

Reichlich blühende Zweige der Pflanze wurden zum Teil in einen hohen Glaszylinder, dessen Boden mit Wasser bedeckt war, zum Teil unter eine Gazeglocke (die Zweige in Wasser gestellt) gebracht, und es wurde eine große Menge kleiner und gewöhnlicher Fliegen, Blattläuse, sowie kleiner Ameisen- und Käferarten in den bedeckten Zylinder und unter die Gazeglocke gebracht. Als erstes Resultat konnte ich feststellen, daß eine besondere Anziehung der Insekten durch den Geruch der Drüsenausscheidungen offensichtlich nicht stattfand. Die Tierchen gingen über die Drüsen hinweg, kletterten an den Zweigen, Blütenstielen und Kelchblättern in die Höhe oder abwärts, ohne sich um die Haare zu kümmern, die Stubenfliegen und die Käfer meist, ohne im geringsten durch den klebrigen Saft belästigt zu werden. Die kleineren Fliegen, Blattläuse und Ameisen pflegten daran festzukleben; den Fliegen und Läusen gelang es meist nicht, sich wieder freizumachen, während die letzteren gewöhnlich nach einigen Anstrengungen freikamen. Was das Bemerkenswerteste war, war, daß keines der Insekten noch nach mehreren Stunden irgendwelche Vergiftungserscheinungen zeigte, obwohl sie doch alle, und zu wiederholten Malen, mit den Haaren und ihrem Sekret in innigste Berührung gekommen waren.

Um auf eine andere Weise den eventuellen giftigen Effekt des Drüsensekretes festzustellen, schabte ich die Drüsen von den Zweigen ab und mischte sie mit Zucker auf einem Teller. Die reichlich Drüsen enthaltende Mischung wurde mit etwas Wasser befeuchtet, so daß ein dicker Sirup von bräunlicher Farbe entstand. Fliegen und Ameisen nahmen begierig von der Flüssigkeit, offenbar durch den Zucker angezogen, starben aber danach nicht,

1) ADOLFO DOERING: Apuntes sobre la composición química de algunas plantas tóxicas, ricas en saponinas, de la Flora Argentina. — Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, XX, 1915, p. 342. — DOERING gibt übrigens das Vorhandensein von Enzymen nicht ausdrücklich für die Drüsen an.

weder sofort, noch nach 6—12 Stunden. Am folgenden Tage fand ich einige tote Ameisen und kleinere Fliegen am Boden des Behälters, an Zahl vielleicht etwa 10 % der Gesamtmenge der Tiere, mit denen ich den Versuch angestellt hatte, während die übrigen und sämtliche Stubenfliegen sich in vollkommen normalem Zustande unter der Glocke bewegten, ohne auch nur die geringsten Zeichen von Vergiftung, nicht einmal von leichtem Berauschtsein, in ihrer Bewegungsweise erkennen zu lassen. Die kleinen, an den Blütenstielen festgeklebten Fliegen und Blattläuse waren am zweiten Tage in ihrer Mehrzahl tot, aber wohl nicht infolge von Vergiftung, sondern durch Verhungern. Von irgendwelcher Verdauung des Inhaltes der toten Körper konnte ich auch am dritten Tage nicht die geringste Spur feststellen, auch nicht in den Fällen, in denen ich absichtlich kleine Tierchen oder ihre Leichen mit der ganzen Länge ihres Körpers unmittelbar neben besonders kräftigen und frischen Drüsenhaaren in das Sekret drückte.

Da es für nicht ausgeschlossen gelten konnte, daß die Tätigkeit der Drüsenhaare au abgeschnittenen Zweigen nicht normal war, daß insbesondere eine an der intakten Pflanze vielleicht vorhandene Ausscheidung von Verdauungsfermenten infolge des Abschneidens der Zweige unterblieb, so wiederholte ich den Versuch, Insekten direkt in dem klebrigen Saft der Drüsenhaare festzukleben, an unverletzten Pflanzen im Freien. Das Ergebnis war gleicherweise negativ.

Endlich habe ich noch kleine Speck- oder Fleischstückchen auf die Drüsenhaare der normalen, im Freien wachsenden Pflanze gebracht: Eine Verdauung fand auch bei Verwendung dieses Materials nicht statt, und noch nach acht Tagen waren die Stückchen, zwar völlig eingetrocknet, im übrigen aber unverändert, auf der Pflanze zu finden.

Ich komme also auf Grund meiner Versuche zu folgenden Schlüssen:

1. Das Gift der Drüsen von *Caesalpinia Gilliesii* kann, wenn es in dem Sekret tatsächlich in Form eines Alkaloids existiert, wie das von DOERING durch seine chemischen Untersuchungen wahrscheinlich gemacht worden ist, nur eine sehr schwache Wirkung auf Insekten ausüben und, wenn überhaupt, höchstens kleine Formen töten.

2. Eine anziehende Wirkung besitzt das Drüsensekret durch seinen Geruch für die Insekten offenbar nicht.

3. Kleine Insekten können durch das klebrige Sekret der Drüsen festgehalten werden, kräftigeren und besonders größeren

Insekten gelingt es, wenn sie überhaupt festgehalten werden, stets, sich wieder zu befreien.

4. Eine Verdauung der weichen Teile des Insektenkörpers oder anderer Eiweißsubstanzen durch ein von den Drüsen produziertes Verdauungsferment findet nicht statt.

5. *Caesalpinia Gilliesii* Wall. wird aus diesen Gründen ohne Recht als insektenfressende Pflanze angesehen.

Es sei zum Schlusse noch bemerkt, daß ich auch die Angabe HIERONYMUS', die im Zimmer gehaltenen Blütenzweige könnten dazu dienen, die Fliegen zu vernichten, in keiner Weise bestätigen kann; die Fliegen werden durch die Zweige weder angezogen, noch vertrieben.

---

24. Y. Yamaguchi: Über den Anthocyaninfarbstoff von Ipomoea hederacea.

(Vorläufige Mitteilung)

(*Mit 2 Abbildungen im Text.*)

(Eingegangen am 15. Februar 1924. Vorgetragen in der Märzsitzung.)

In Verbindung mit den Untersuchungen über die Vererbung der Blütenfarben, womit ich seit Jahren beschäftigt bin, habe ich unternommen, die chemische Natur des Anthocyaninfarbstoffes der in der Überschrift genannten Pflanze klar zu stellen. Als Versuchsmaterial stand vorläufig das getrocknete Blütenmehl der Pflanzen mit dunkelvioletten Blüten zur Verfügung, die bei meinen Vererbungsversuchen konstant geblieben waren.

Wenn man das im Exsiccator getrocknete Blütenmehl mit verschiedenen Extraktionsmitteln behandelt, kann man sehen, daß der Farbstoff in Wasser sehr leicht, in Methylalkohol leicht, in Eisessig sehr wenig, in absolutem Äthylalkohol schwer, in Butylalkohol, Amylalkohol, Aceton und in Äthyläther gar nicht löslich ist. Daraus geht hervor, daß das geeignete Extraktionsmittel für das vorliegende Material die methylalkoholische Chlorwasserstoffsäure ist, womit WILLSTÄTTER und seine Mitarbeiter schon bei verschiedenen Pflanzenmaterialien gearbeitet haben.

Die Extraktionsmethode war ganz dieselbe wie die WILLSTÄTTERs, und zwar die folgende: Von dem nach den ver-

schiedenen Vorversuchen noch übrig gebliebenen Blütenmehl nimmt man 60 g in eine 1-Liter-Flasche, fügt 600 ccm der 3prozentigen methylalkoholischen Chlorwasserstoffsäure hinzu und läßt unter häufigem Schütteln bei Zimmertemperatur stehen. Nach 48 Stunden saugt man den Extrakt auf der Nutsche ab und verdrängt mit weiteren 700 ccm einer 1prozentigen methylalkoholischen Chlorwasserstoffsäure den Extrakt aus dem Pulver, welches noch ziemlich viel Farbstoff enthält. Die dunkelpurpurroten Filtrate, welche schwache Fluoreszenz zeigen, werden vereinigt, und unter kräftigem Rühren (1½ Stunde) mit einer 2,5 mal so großen Menge Äthyläther als flockiger Niederschlag gefällt; der dunkle Niederschlag wird noch einmal in dem 2prozentigen Lösungsmittel gelöst, und, nach dem Abfiltrieren des farblosen Begleitstoffes, wieder mit einer

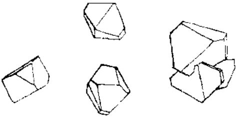


Abb 1.

4mal so großen Menge von Äthyläther gefällt und solange mit Äther gewaschen, bis dieser farblos wird. Das abgeschiedene Rohprodukt betrug nach dem Trocknen im Exsiccator 6,31 g.

Um das Anthocyanin in kristallinischer Form zu gewinnen, habe ich dieses Rohprodukt mit 10 ccm 1prozentiger Salzsäure angerührt und mit 200 ccm einer 1,5prozentigen Pikrinsäurelösung auf 50° C erwärmt. Da ich damals keinen Eisschrank zur Verfügung hatte, habe ich das Präparat in ein Becherglas gebracht und, mit einem Stück Filtrierpapier locker bedeckt, bei Zimmertemperatur zwei Monate lang verdunsten lassen. Dabei scheiden sich rhombenförmige rotbraune Kristalle (Abb. 1) neben prismatischen gelben Kristallen (wahrscheinlich den Alkalisalzen der Pikrinsäure) aus. Unter dem Mikroskop sehen die erstgenannten Kristalle schön purpur mit einem Stich ins Gelbe aus. Leider war die Ausbeute so gering, daß ich damit nicht weiter arbeiten konnte. Um was für ein Anthocyanin bzw. Anthocyanidin es sich handelt, bleibt noch dahingestellt, bis mir eine größere Menge Material zur Verfügung steht.

Wenn aber die Amylalkoholprobe WILLSTÄTTERs auch bei

unserem Material gelingt, dann ist dieses Anthocyanin, welches man vorläufig Hederaceïn nennen könnte, ein rhamnosefreies Diglucosid des noch nicht aufgeklärten Aglucons. Um die Glucose aus dem Spaltungsprodukt des Hederaceïns zu identifizieren, wurde 1 g Rohprodukt des Hederaceïn-Chlorides in 10 ccm Wasser gelöst, mit 100 ccm 20prozentiger Salzsäure auf der freien Flamme rasch zum Kochen erhitzt und die Lösung 5 Minuten in lebhaftem Sieden gehalten. Wegen der Begleitstoffe ist es aber sehr schwer, das Aglucon in kristallinischer Form zu erhalten. Dadurch wurde ich gezwungen, das abgespaltene Anthocyanidin dreimal mit Amylalkohol von der Mutterlauge zu trennen. Die von der dunkelpurpurroten amylalkoholischen Schicht getrennte wässerige Lösung

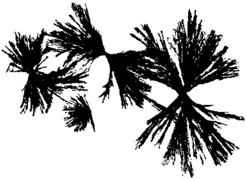


Abb 2.

enthält noch ziemlich viel Farbstoff. Die amylalkoholische Schicht wurde daher einigemal mit sehr verdünnter Salzsäure geschüttelt, um das eventuell in die amylalkoholische Schicht gegangene Anthocyanin auszuwaschen. Die wässerigen Flüssigkeiten wurden vereinigt, nochmals hydrolysiert und statt mit Amylalkohol diesmal mit Butylalkohol geschüttelt, welcher nach O. ROSENHEIM ein besseres Trennungsmittel des Anthocyanidins sein soll. Nach dreimaligem Ausschütteln wurde die wässerige Schicht fast farbstofffrei, die in der größeren Schicht orange gefärbt war. Vor der Zuckerbestimmung wurde die wässerige Flüssigkeit mit Äther vom Butylalkohol befreit und mit Natriumbicarbonat neutralisiert.

Polarimetrisch bestimmt:

Glucose 0,227 g (200 ccm, $l = 2$, $a_D = +0{,}12^0$)

Nach BERTRANDs Methode bestimmt: Glucose 0,261 g.

Infolge der genügenden Übereinstimmung der Ergebnisse beider Methoden ist es ganz klar, daß wir es hier mit Glucose, nicht mit Galactose zu tun haben. Aber sicherheitshalber habe ich die Zuckerlösung aus dem Hederaceïn-Chlorid mit salzsaurem

Phenylhydrazin und essigsaurem Natrium auf dem Wasserbade etwa eine Stunde erwärmt und das dabei abgeschiedene gelbe Osazon von Pyridin umkristallisiert, um den Schmelzpunkt zu bestimmen (Abb. 2). Er liegt, falls schnell erhitzt wird, bei 202 ° C und ist etwas niedriger als bei dem aus reiner Glucose hergestellten Glucosazon, welches den Schmelzpunk 204 ° C gab. Trotzdem scheint es mir zweifellos zu sein, daß es sich hier um Glucosazon handelt, da es in Eisessig gelöst nach links dreht, ganz wie es bei dem Glucosazon der Fall ist.

Überdies müßte man, wenn man es hier mit der d-Galactose zu tun hätte, mit Methylphenylhydrazin sehr leicht das eigenartige d-Galactosemethylphenylhydrazon in schwach gelb gefärbten, prismatischen Säulen bekommen. Nach der Methode NEUBERGs konnte ich auch konstatieren, daß das aus reiner Galactose hergestellte d-Galactosemethylphenylhydrazon, schnell erhitzt, bei 193 ° C (nach NEUBERG 191 ° C) schmilzt. Dagegen konnte ich weder mit reiner d-Glucose-Lösung noch mit dem Spaltungsprodukt aus Hederaceïn das entsprechende Methylphenylhydrazon in kristallinischer Form erhalten. Das beruht darauf, daß das d-Glucosemethylphenylhydrazon im Wasser und Alkohol leicbt löslich ist (vgl. NEUBERG, Bioch. Zeitsch. Bd. 3, 1907, S. 531). Nur habe ich dabei bemerkt, daß man auch sowohl mit der reinen Glucose als mit dem Spaltungsprodukt des Hederaceïns, nachdem es einige Tage gestanden hat, allmählich fast farblose rhombenförmige Plättchen in kleiner Menge erhalten kann, wenn man zur Zuckerlösung verdünnte Salzsäure hinzugefügt und mit Natriumbicarbonat neutralisiert hat, bevor man sie mit dem Methylphenylhydrazin behandelt. Diese Kristalle haben ganz regelmäßige Rhombenform, bei der das Verhältnis der längeren zur kürzeren Achse 1,10—1,15 beträgt.

Obwohl ich, wegen der zu kleinen Ausbeute an diesen Kristallen, nicht konstatieren konnte, daß es sich um Glucosemethylphenylhydrazon handelt, scheinen die oben beschriebenen verschiedenen Ergebnisse zu zeigen, daß wir es hier nicht mit dem d-Galactosemethylphenylhydrazon zu tun haben.

Die zweite Frage, ob das Hederaceïn ein Diglucosid des noch nicht aufgeklärten Aglucons ist, muß solange dahingestellt bleiben, bis man die schönen Kristalle des Glucosides in genügender Menge erhalten kann.

Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie.

---

25. A. Pascher: Über die morphologische Entwicklung der Flagellaten zu Algen.

(Eingegangen am 21. Februar 1924. Vorgetragen in der Märzsitzung.)

Im Jahre 1917 veröffentlichte ich eine Darstellung dessen, was wir über die Entwicklung der Flagellaten unter Betonung der animalischen Ernährung wissen in einer Schrift: Über die Beziehungen der Flagellaten und Rhizopoden. (Archiv für Protistenkunde Bd. 38.)

Eine gleiche Darstellung der allgemeinen morphologischen Entwicklung der Flagellaten unter Betonung der holophytischen Ernährung zu „Algen“ war bereits damals begonnen. Eine Reihe von Einzeluntersuchungen, teilweise von mir, teilweise von einigen meiner Schüler begonnen und zum Teil beendet, verzögerten die zusammenfassende Darstellung. Und jetzt ist es, wenigstens vorderhand, bei den hohen Herstellungskosten des Figurenmaterials unmöglich, eine solche ausführliche Darstellung zu geben.

Daher sei hier eine ganz kurze Fassung der wichtigsten Tatsachen versucht, wobei ich ausdrücklich betone, daß einzelne Gedanken, isoliert ohne Zusammenhang miteinander, sich bereits bei einigen Algologen und Organographen finden. Das soll in der ausführlichen Darstellung zur Sprache kommen. Eine Behandlung des ganzen Problems ist aber meines Wissens nirgends vorhanden, und dadurch erscheint diese kurze Zusammenfassung berechtigt.

Zuvor sei bemerkt, daß hier nur jene Algen behandelt sind, deren Zusammenhang mit Flagellaten erwiesen oder wahrscheinlich ist.

Die holophytische Weiterentwicklung der Flagellaten zu Algen ist charakterisiert durch die Ausbildung der unbeweglichen, vegetativen, völlig von der Membran umschlossenen, assimilationsfähigen Zelle, die dieselben Organe hat wie der frei bewegliche Flagellat mit Ausnahme der Lokomotionsorgane, des Stigma und der kontraktilen Vakuolen. In diesem Verhältnisse stehen die einzelligen Algen aller Gruppen zu ihren Flagellatenreihen. Es ist das vegetative Leben vom beweglichen Stadium des Flagellaten auf das unbewegliche der ruhenden Zelle hinüberverschoben.

Diese unbewegliche Ausbildungsweise hat sich gegenüber der beweglichen des Flagellaten derart stabilisiert, daß das beweg-

liche Stadium nur mehr gelegentlich als Vermehrungsschwärmer ausgebildet wird, ähnlich wie ja auch das *Palmella-* und *Gloeocystis-*Stadium, das bei fast allen Flagellaten auftritt, bei manchen Formen dem in diesem Falle nur kurz dauernden beweglichen Stadium gegenüber zum vegetativ dominierenden geworden ist (die Tetrasporalenstufe aller Flagellatenreihen).

Wir sehen nun niemals bei der Entwicklung der Flagellaten in der einen oder anderen Richtung, und das gilt wohl für jede andere Entwicklung überhaupt, daß neue Ausbildungsweisen völlig unvermittelt auftreten. Sondern immer verläuft die Entwicklung so, daß Stadien, die sonst nur gelegentlich im vegetativen Leben auftreten, zeitlich gedehnt und schließlich zu vegetativ dominierenden werden, während das zuerst vegetativ dominierende immer mehr zurücktritt und schließlich nur mehr vorübergehend gebildet oder ganz unterdrückt wird.

Das läßt sich sehr schön bei der Entwicklung der Tetrasporalen-, wie auch der Rhizopoden-Organisation innerhalb der Flagellatenreihen beobachten.

Als zelluläres, unbewegliches, völlig mit Membran umschlossenes *Stadium ist im Entwicklungskreise der Flagellaten die* Spore eingeschaltet, die, nur gelegentlich gebildet, das bewegliche Flagellatenstadium nur vorübergehend ablöst. Bei dieser Sporenbildung tritt in den allermeisten Fällen eine Vereinfachung der Organisation ein, die Lokomotionsorgane, Stigma und — wenn vorhanden — die kontraktilen Vakuolen verschwinden, treten aber bei der Keimung der Sporen wieder an den aus der Spore entwickelten beweglichen Flagellatenstadien auf.

Diese Spore, von der hier die Rede ist, tritt uns aber normalerweise, besonders im Süßwasser, derzeit bereits in einer sekundären Modifikation entgegen: mit den Einrichtungen der einem bestimmten Zwecke dienenden Dauerspore, vor allem mit der derben mehrfach geschichteten Membran. Diese Form des Ruhestadiums — die Dauerspore — ist aber nur die Weiterentwicklung eines einfachen unbeweglichen Ruhestadiums des Flagellaten mit zarter Membran, die eben erst durch die Ausbildung weiterer derber Membranen und der Einlagerung von Reservestoffen zur funktionell determinierten Dauerspore wird.

Eine Homologie zu einer solchen, nicht zu einer derbhäutigen Dauerzelle modifizierten, zartwandigen, ruhenden Flagellatenzelle (wie wir sie allerdings bei Süßwasserformen nicht oder nur sehr vorübergehend kennen), stellt nun meiner Meinung nach fast jede einzellige Alge jeder Algenreihe dar: z. B. *Protococcus* unter den

Chloro-, *Chrysosphaera* unter den Chryso-, *Hypnodinium* unter den Dinophyceen usw.

Eine solche ruhende Flagellatenzelle und eine solche einzellige Alge sind eigentlich dasselbe, doch nimmt die ruhende Flagellatenzelle im Leben des Flagellaten nur einen kleinen Raum ein, während bei der einzelligen Alge fast das ganze Leben des Organismus in dieser Form durchlaufen wird. Sie unterscheiden sich nur in der Länge ihres Anteils am vegetativen Leben. Das gilt natürlich reziprok auch für das bewegliche Stadium, das bei dem Flagellatenstadium den Hauptteil der Lebensdauer ausmacht, während es bei der einzelligen Alge nur einen kurzen Raum einnimmt.

Die Weiterentwicklung ist auch in beiden Fällen, bei der einzelligen Alge wie bei der Ruhezelle die gleiche; bei beiden Formen: Teilungen des Protoplasten und Ausbildung der beweglichen Stadien.

Diese zur vegetativen Lebensform, zur einzelligen Alge zeitlich ausgedehnte ruhende Zelle der Flagellaten stellt in allen Flagellatenreihen den Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung zu Algen, vielleicht zur pflanzlichen Zelle überhaupt dar.

Daß dies richtig ist, geht aus der folgenden, viel zu wenig gewürdigten Tatsache hervor. Wir kennen Fälle, bei denen sogar die sonst nur vorübergehend gebildete derbe Dauerspore einen immer größeren Teil des vegetativen Lebens des Flagellaten einnimmt und schließlich bei einzelnen Arten das ganze vegetative Leben bestreitet und damit zur einzelligen Alge wird. Eine Reihe der Peridineen hat ganz charakteristische zweihörnige Sporen, die das vegetative Leben der beweglichen Flagellaten für kurze Zeit unterbrechen. In diesen Sporen werden dann 2, 4 oder 8 nackte Peridineenschwärmer ausgebildet, die ausschwärmen, wieder zu Dinoflagellaten heranwachsen, sich teilen, um dann wieder gelegentlich solche Sporen zu bilden. Wir kennen solche zweihörnige Zellen, die den allergrößten Teil ihres vegetativen Lebens in dieser Form verbringen und nur mehr hin und wieder das Dinoflagellatenstadium in Form kurzlebiger Schwärmer ausbilden, die sehr bald wieder zu diesen zweihörnigen Zellen werden. Hier hat sich das vegetative Leben des Organismus völlig vom Flagellatenstadium auf das Cystenstadium verschoben, die ursprünglich nur kurzdauernde Spore ist zur einzelligen Alge geworden, da nur der Zeitraum, in dem das bewegliche oder das unbewegliche Stadium auftritt, dafür maßgebend ist, ob wir Flagellat oder Alge zu einem Organismus sagen.

Bei den Peridineen ist das auch mit der Sporenform einer anderen Reihe der Fall gewesen, und auch bei den Chrysomonaden

kennen wir einzellige Algen, die eigentlich auch nichts anderes sind als Cysten, die zu vegetativen Zellen geworden sind (Chrysostomataceae Chodats).

Anders gesagt, wir kennen Flagellatenreihen, in denen es zweimal, vielleicht sogar mehrmals unabhängig voneinander, zur Bildung von einzelligen Algen gekommen ist, einmal auf dem Wege über die zarte ruhende Zelle, das andere Mal über die bereits weitgehend modifizierte aus der zartwandigen Ruhezelle hervorgegangene Dauerzelle. Ich behalte mir darüber eine ausführliche Darstellung vor.

Bei der Vermehrung der einzelligen Algen (wie auch der Dauerzellen der Flagellaten) gehen die beweglichen Flagellatenstadien, hier allerdings zeitlich sehr verkürzt, als Schwärmer hervor. Diese aus den einzelligen Algen gebildeten Schwärmer encystieren sich nach kurzer Beweglichkeit wieder zu vegetativen Zellen.

In allen einzelligen Algenreihen finden wir aber Formen, bei denen dies bewegliche Schwärmstadium immer mehr verkürzt wird, bis schließlich die Schwärmer gar nicht mehr aus der einzelligen Alge austreten, sondern sich noch in der Mutterzelle zu vegetativen Zellen sporulieren, die durch Zerreißen oder Verquellen der Mutterzellhaut frei werden. Diesen Vorgang nennt man Bildung von „Autosporen". Er findet sich in allen Reihen einzelliger Algen der verschiedensten Verwandtschaft. Daß diese Autosporen tatsächlich nichts anderes sind als die noch in der Mutterzelle zu vegetativen Zellen gewordenen Schwärmer, geht, abgesehen davon, daß es alle Übergänge gibt, auch daraus hervor, daß es Algen gibt, bei denen an derselben Art einmal die Schwärmer austreten, ein andermal sich innerhalb der Mutterzelle zu Autosporen umwandeln.

Diese Tatsache, daß das bewegliche Flagellatenstadium der Algenzelle *bereits in der Mutterzelle in der Form der Autosporen* zu Tochterzellen werden kann, ist für die weiteren Betrachtungen ungemein wichtig.

Zunächst für die Frage der Zweiteilung der einzelligen Algen resp. der Algenzelle überhaupt. Es sei ausdrücklich betont, daß es bei keiner Algenreihe, die auf Flagellaten zurückgeht, Zweiteilung durch einfache Durchteilung oder Durchschnürung gibt. Ebensowenig eine Zweiteilung, bei der die Kernspindel irgendwie

nach der Art der höheren *Pflanzen bei der* Neubildung der Membran direkt beteiligt ist[1]).

Im Gegenteile, in allen von mir gesehenen Fällen ist die Tatsache gegeben, daß der Protoplast sich innerhalb der Zelle in zwei teilt[2]), jeder Teil sich mit einer neuen Membran umgibt und beide neue Zellen oft noch lange, oft nur kurze Zeit durch die enganliegende Mutterzellhaut zusammengehalten und umgeben werden. Das Ganze ist nichts anderes, als die Bildung zweier Autosporen *innerhalb der Zelle, die im Gegensatze zum gerade* vorher besprochenen Falle der Autosporenbildung nicht gleich aus der Mutterzelle austreten, sondern eben noch eine Zeitlang zusammengehalten werden. Eine „echte“ Zellteilung mit Beteiligung der Kernspindel an der Bildung der neuen Membran nach Art der „*Höheren*“ kommt nirgends vor. Das gilt ebenfalls für alle einzelligen Algen mit Zweiteilung bei allen Algenreihen.

Diese Form der Zweiteilung der Zelle führt aber zur Betrachtung der Zellfäden über, bei denen die durch Zweiteilung entstandenen Zellen in einer Richtnng zu Fadenverbänden zusammengehalten werden.

In allen beobachteten Fällen erfolgt die Zellteilung im Faden ausschließlich nach dem Typus der gerade geschilderten Zweiteilung der Algenzelle: in den Zellen werden die Protoplasten geteilt, jeder Teilprotoplast umgibt sich mit einer eigenen Zellhaut, die alte *Membran der Mutterzelle wird entsprechend gedehnt, so daß der ganze* Faden aus einem solchen linearen System von Zellen besteht, die entsprechend ihrer Teilungsfolge ineinander geschachtelt sind. Die Zweiteilung der Zellen in einem Faden ist demnach auch nichts anderes, als die Bildung zweier Autosporen innerhalb einer Zelle, die aber nicht regellos zu liegen kommen, sondern in bestimmter

---

1) Man hat bei den bisherigen Untersuchungen der Zellteilung der Algen fast ausschließlich den Protoplasten behandelt und die Bildung der neuen Membranen nur wenig untersucht.

2) Dies scheint mir auch für die meisten Desmidiaceen zuzutreffen. Die Formen mit entsprechend den Teilungen eingeschalteten Zuwachsringen (z. B. eine Reihe der Gattung *Closterium*) lassen sich nur so verständlich machen. Auch bei einigen Desmidiaceae saccodermae scheinen die Tochterzellen eine neue Haut zu bekommen. Ich kann aber nicht sagen, wie viele. Gerade hier sind wir über die Membranbildung fast gar nicht unterrichtet, ebensowenig ist der Vorgang bei den Desmidiaceen, mit Ausnahme einiger auffallender Fälle genau studiert. Nur die Zygnemalen scheinen in einzelnen Gliedern weiter gekommen zu sein, vorausgesetzt, daß die Beobachtungen zutreffen.

Form in die Längsachse des Fadens gelagert werden. Diese Entstehung des Fadens wird oft schon durch die Schichtung der Membran des Fadens augenscheinlich, wobei die einzelnen Schichten je eine, zwei oder vier und eventuell noch mehr Zellen umschließen. Diese Genese des Zellfadens, die an derbwandigen Fäden oft leicht zu erkennen ist, erleidet bei manchen Fadenalgen Modifikationen (*Oedogonium*, *Mikrospora*, *Tribonema*, *Bumilleria*, *Binuclearia* u. a.). Gerade diese Modifikationen aber lassen sich aus der geschilderten Genese des Fadens leicht verstehen.

Diese Bildung des Zellfadens trifft für alle von mir daraufhin angesehenen Fadenalgen zu, ich vermute auch, daß auch die Fadensysteme der Braun- und Rot-Algen auf diese Weise die Zweiteilung ihrer Zellen vollziehen.

Eine wichtige Einzelheit muß bereits hier besprochen werden. Im Faden muß die Teilung der Zelle quer zur Fadenrichtung erfolgen, wenn der Faden in die Länge wachsen soll. Nur durch die Übereinanderlagerung der Tochterprotoplasten im Sinne der Fadenlängsrichtung kommt ja der Faden zustande.

Bei den Flagellaten erfolgt aber die Teilung in ausgesprochener Weise der Länge nach.

Bei einem Schwärmer — und ein Schwärmer entspricht völlig einem Flagellaten — der sich mit der Spitze festsetzt und zu einem einzelligen Keimling wird, liegt daher die Teilungsebene nicht quer zur Fadenrichtung, sondern in der Fadenrichtung selber. Teilungsebene des Fadens und Teilungsebene des Ausgangsschwärmers sind demnach um 90° gegeneinander gedreht. Diese Differenz muß irgendwie ausgeglichen werden, sonst wäre die Bildung eines aufrecht festsitzenden Fadens, der in die Länge wächst, nicht möglich.

Es lassen sich nun in der zunehmenden Erwerbung der neuen Teilungsebene mehrere Stufen der Entwicklung deutlich erkennen.

Bei einigen noch recht ursprünglichen Fadenalgen, die auch noch in ihrer Membranbeschaffenheit die oben geschilderte Genese des Fadens deutlich erkennen lassen (*Nematochrysis* u. a.), erfolgt nun tatsächlich sowohl bei der ersten Teilung des einzelligen Keimlings wie auch bei den Zweiteilungen jeder Fadenzelle im Protoplasten noch eine deutlich erkennbare Längsteilung des Protoplasten; die beiden eben durchgeteilten Teilprotoplasten liegen in der Mutterzelle schief aufrecht nebeneinander, dann wandern sie übereinander, der eine rückt auf den anderen hinauf, bis er völlig über

ihn zu liegen kommt, bis schließlich beide Zellen, nun behäutet, in der Richtung des Fadens zu liegen kommen und der Faden länger geworden ist. Der Protoplast der Mutterzelle macht in diesen Fällen vor der Teilung noch kaum eine Drehung mit, die Drehung um 90° wird durch das Übereinanderwandern der Teilprotoplasten bewirkt. Die Kernteilung erfolgt in diesen Fällen bei Längsteilung der Protoplasten noch quer zur Fadenrichtung.

Bei vorgeschritteneren Fadenalgen erfolgt die Teilung aber nicht mehr ganz der Länge nach. Allem Anscheine nach dreht sich der Protoplast der Mutterzelle bereits vor der Teilung etwas in die neue Lage, die erste Spaltung des Protoplasten erfolgt ausgesprochen schief und bereits etwas der Querrichtung des Fadens angenähert, die weitere Umlagerung zur Erreichung der Drehung um 90° wird dann von den Tochterprotoplasten durchgeführt. Die Kernteilung erfolgt hier nicht mehr quer zur Richtung des Fadens sondern schief dazu, weil sich ja der Protoplast der Zelle wahrscheinlich bereits etwas herumgedreht hat (*Mikrospora*).

Damit wird auch der abschließende Fall vermittelt, in dem auch die Teilung des Protoplasten ganz auf die gegen die ursprüngliche Teilungsebene um 90° herumgedrehte Teilungsebene des Fadens eingestellt wird; sei es, daß eine völlige Herumdrehung des Protoplasten der Mutterzelle um 90° noch vor der Teilung erfolgt, sei es, daß die Zellorgane bereits im Sinne der neuen Teilungsebene gelagert sind und nur mehr der Kern eine ausgleichende Drehung vollführt, sei es, daß auch der Kern sich bereits in der Längsrichtung des Fadens und nicht quer dazu teilt. Diese möglichen Fälle können sich in verschiedener Weise kombinieren und sind auch teilweise direkt zu beobachten (*Ulothrix*)[1]).

Ob aber die Querlagerung des Protoplasten im Sinne der Fadenrichtung auf diese oder jene Weise zustande kommt, immer erfolgt die Zellteilung in der Form der Bildung zweier Autosporen, die, in der Richtung des Fadens übereinandergelagert, sich neu behäuten und durch die Zellhäute der älteren Mutterzellen zusammengehalten werden, von Modifikationen der Zweischaligkeit der Zellmembran abgesehen.

1) Als interessante Tatsache, die Herr Dr. Peterschilka in seiner *Ulothrix*untersuchung mitbehandeln wird, sei erwähnt, daß bei *Ulothrix* bei der *Schwärmerbildung die erste Teilung der Zellprotoplasten in der Längsrichtung* des Fadens, also entsprechend der Teilungsebene des Flagellatenstadiums, erfolgt.

In einzelnen Fällen scheint die neue Teilungsebene auch in der Weise erworben zu werden, daß der Schwärmer, der zu einem Faden auswächst, sich nicht mit der Spitze festsetzt, sich also nicht mit seiner Längsachse in die Fadenrichtung einstellt, sondern sich schief ansetzt und auf diese Weise direkt oder indirekt, ganz oder nur teilweise seine Teilungsebene mit der des Fadens in Einklang bringt.

Die vielkernigen Faden-Algen verhalten sich im wesentlichen in bezug auf die Verschiedenheit der beiden Teilungsebenen gleich. Nur ist bei ihnen Zell- und Kernteilung nicht gekoppelt. Jede *Cladophora*, jede *Chaetomorpha* mit ihren „geschichteten" Membranen läßt die hier dargestellte Genese des Fadens — mutatis mutandis — erkennen. Auch bei ihnen finden sich, abgesehen von anderen Einzelheiten, manchmal schiefgelagerte Kernteilungen.

Man leitet die Algen von den Flagellaten ab, weil alle Flagellatenreihen mit Algen schließen, alle Übergänge zwischen Flagellaten und Algen vorhanden sind, bei vielen Algen Schwärmer vorkommen, die völlig mit Flagellaten übereinstimmen, und wir auch die gleichen charakteristischen Sporenformen — darauf wurde meines Erachtens noch viel zu wenig Gewicht gelegt — bei den Flagellaten und Algen einer Reihe finden.

Die Tatsache, daß bei den Fadenalgen die neue Teilungsebene — quer zur Fadenrichtung — erst allmählich vermittelt wird, daß wir Fadenalgen kennen, bei denen der Protoplast sich noch fast der Länge nach teilt und solche, bei denen die Umstellung auf die neue Teilungsebene noch nicht ganz erfolgt ist, erscheint mir nun ungemein wichtig als ein weiterer Beleg für die Richtigkeit der Annahme der Genese der Algen aus den Flagellaten.

Prag II, vinicna 3a,
Hirschberg i. B., staatliche biologische Station,
Ende Januar 1924.

26. Hermann Fischer: Vitus Auslasser, der erste deutsche Florist, und sein Kräuterbuch vom Jahre 1479.

(Eingegangen am 24. Februar 1924. Vorgetragen in der Aprilsitzung.)

Einführung in die Stellung und Bedeutung des Herbarius des Vitus Auslasser in der mittelalterlichen botanischen Literatur.

HIERONYMUS BOCK, einer der Väter der deutschen Botanik, beklagt in seinem „New Kreuterbuch vom Unterscheidt, Würkung und Namen der Kreuter, so in teutschen Landen wachsen" (Erstausgabe Straßburg 1539), daß die Kenntnis der Kräuter in Deutschland so sehr in Verfall geraten sei, und motiviert damit sein Unternehmen, die Wissenschaft von den Kräutern in einem Buche neu erstehen zu lassen. Die Klage des BOCK kann nicht grundlos sein und berechtigt zu dem Schluß, daß im Mittelalter bereits ein einigermaßen diszipliniertes Wissen über die mitteleuropäische Flora bestanden hat. Mag diese Kräuterkenntnis auch mehr traditionelles Volksgut als Buchweisheit gewesen sein, auf dem Zeugnis BOCKS fußend müssen sich für den Historiker doch irgendwelche Quellen und Forschungswege finden lassen, die uns ein Bild dieser Kenntnisse wiedergeben können. Vorausgesetzt, daß von dieser Wissenschaft überhaupt etwas im Schrifttum niedergelegt ist, so würden die ersten deutschen Botaniker noch vor den Vätern der deutschen Botanik zu suchen sein.

Man hat vielfach die hl. HILDEGARD, die gelehrte Äbtissin des Klosters auf dem Rupertusberg bei Bingen (1098—1179), als erste deutsche Botanikerin bezeichnet. Mag auch ihre Kenntnis der Heilpflanzen, die sie in ihrem zwischen 1150—1160 geschriebenen Werk: „Subtilitates Diversarum naturarum creaturarum libri novem" (Erstausgabe bei SCHOTT, Straßburg 1533) verrät, für die Zeit eine bedeutende gewesen sein, so ist dieses Wissen der HILDEGARD doch nur zwischen den Zeilen ihrer ganz im mittelalterlichen Geiste, also sehr unpersönlich geschriebenen Bücher zu lesen. Der Text der Bücher verrät uns im wesentlichen traditionelle benediktinische Wissenschaft, die wieder auf der antiken Botanik fußt. Außer den Namen ist kaum irgendeine die Pflanze selbst charakterisierende Tatsache wiedergegeben. Viel mehr über die Pflanzen selbst bringen die sieben Bücher des ALBERTUS MAGNUS „De vegetabilibus", die uns ERNST MEYER 1867 in einer vorzüglich

kommentierten Ausgabe herausgegeben hat, wodurch uns zum erstenmal ein klares Bild des ALBERTUS als Botaniker gegeben worden ist. So vortrefflich die Ausführungen des großen Gelehrten über allgemeine Botanik und über einige der damaligen gelehrten Welt und der Antike längst bekannte Pflanzen stellenweise sind, einen Beitrag zur Kenntnis der deutschen Flora können wir jedoch in diesen Ausführungen nirgends entdecken. Dazu fehlten dem ALBERTUS, der als Philosoph und Kompilator einzig dasteht, doch die hierzu nötigen speziellen floristischen Kenntnisse. So mußte es bisher in der Geschichte der deutschen Botanik den Anschein erwecken, als ob die Kenntnis der deutschen Flora erst von den Vätern der Botanik begründet worden und die mitteleuropäische Flora durch ihr Verdienst allein als von der durch DIOSCORIDES schon zur Zeit des römischen Kaisers NERO klassisch beschriebenen Mittelmeerflora wesentlich verschieden erkannt worden sei.

Wird der Glaube, daß die Kenntnis der deutschen Flora im Mittelalter bei den Gebildeten durchaus im argen lag, schon durch die Fülle der mittelalterlichen Glossen, d. h. der nach Art eines Wörterbuches einander gegenübergestellten mittelalterlichen lateinischen und alt- oder mittelhochdeutschen Pflanzennamen, erschüttert, so bedeutet die Entdeckung eines handschriftlichen Kräuterbuches aus dem 15. Jahrhundert, das in Süddeutschland entstanden ist, eine Bestätigung der anfangs wiedergegebenen Worte des HIERONYMUS BOCK und einen Markstein in der deutschen Pflanzenkunde, wie wahrscheinlich der mitteleuropäischen Pflanzenkunde überhaupt. Diese Verdienste müssen wir dem VITUS AUSLASSER, einem Mönch, gebürtig von Vomp bei Schwaz in Tirol, zuerkennen, der 1479 im Kloster St. Sebastian in Ebersberg bei München seinen Herbarius mit ca. 200 Bildern einheimischer Pflanzen schmückte und mit erstaunlicher Gelehrsamkeit eine Sammlung von lateinischen und deutschen Synonymen seinen Pflanzendarstellungen beizuschreiben verstand. Diese Papierhandschrift des Ebersberger Klosters ist im Codex latinus 5905 der Handschriftensammlung der Münchner Staatsbibliothek enthalten. Dem Direktor dieser Sammlung, Herrn Prof. Dr. LEIDINGER, der bei seiner Neubearbeitung des Handschriftenkataloges auf das einzigartige Schriftdenkmal gestoßen war, und dem es in seiner Bedeutung seitdem wohl bekannt war, möchte ich an dieser Stelle meinen Dank für den besonderen Hinweis auf den Ebersberger Codex verbindlichst aussprechen. Ich selbst sehe mich nur imstande, die Handschrift nach der botanischen Seite hin zu würdigen und kann hier von vornherein feststellen, daß VITUS AUSLASSER

gleichzeitigen deutschen botanischen Werken, wie dem Herbarius oder dem Hortus Sanitatis (Erstausgabe Mainz 1485, Herausgaben meist ohne Ort und Zahl, Niederdeutsch: Lübeck 1492) an Originalität bedeutend überlegen ist. Diese beiden deutschen Kräuterbücher gehen nach SPRENGEL (Hist. rei herb. tom I lib. III S. 289 ff.) auf JACOBUS DE DONDI zurück, einen italienischen Gelehrten um 1349, der die offizinellen Pflanzen alphabetisch aufgeführt und durch Holzschnitte erläutert hatte (Aggregator practicus [auch Paduanus] de simplicibus Venet. 1499). Die Herkunft der deutschen Kräuterbücher des 15. Jahrhunderts weist also schon darauf hin, daß hier nicht eigentlich deutsche Pflanzen, sondern im Grunde wieder Pflanzen des Mittelmeergebietes und natürlich auch Europa und Kleinasien gemeinsame Pflanzen geschildert werden, und tatsächlich bedeuten diese Kräuterbücher nur eine Verschlechterung der Werke des DIOSCORIDES.

Von ganz anderer Natur ist nun das Kräuterbuch des VITUS AUSLASSER. Freilich benutzt auch er Quellen, die er kaum durch eine Andeutung verrät. Botanische Literatur seiner Zeit hat er sicherlich reichlich gekannt, darauf deuten einige Abschriften botanischer Schriften des Mittelalters hin wie des botanisch-medizinischen Lehrgedichtes des FLORIDUS MACER: de viribus herbarum, ein Tractatus de arbore quercina nach dem Brief des ARNOLDUS DE VILLANOVA usw., die von AUSLASSERs Hand stammen und dem Herbarius im Cod. lat. 5905 beigebunden sind, und dafür spricht auch die Fülle der angeführten mittelalterlich lateinischen und deutschen Pflanzensynonymen. Diese stehen in Beziehung zu einem lateinisch-deutschen Glossar des MACER FLORIDUS, das wohl ebenfalls in einer Abschrift in dem Tegernseer Codex der Münchner Handschriftensammlung Nr. 18782 erhalten ist, und das AUSLASSER nach scholastischer Gepflogenheit abgeschrieben hat. Die deutschen Pflanzennamen entstammen entsprechend der Herkunft des Buchschreibers fast durchweg dem süddeutschen Idiom. PRITZEL und JESSEN: Die deutschen Volksnamen der Pflanzen, Hannover 1884, konnte mir bei der Identifizierung der Namen vorzügliche Dienste leisten. Trotzdem bleiben noch einige lateinische und deutsche Pflanzennamen unbelegt. VITUS AUSLASSER liefert also in seinem Herbarius auch eine Bereicherung des Wortschatzes an deutschen und mittelalterlichen lateinischen Pflanzennamen. Wenn auch im einzelnen bei meiner demnächst in den Berichten der Bayrischen Botanischen Gesellschaft erscheinenden Herausgabe des Herbarius und der dann erfolgenden Besprechung der Pflanzenbilder auf ihre Herkunft besondere Rücksicht genommen

werden soll, so möchte ich doch bereits hier auf die besonderen Gruppen der Pflanzendarstellungen eingehen. Es läßt sich etwa folgende Gliederung treffen:

1. Kopien aus älteren und gleichzeitigen botanischen Werken. Diese Pflanzen sind teils nicht nach der Natur gezeichnet, teils haben sie durch fortgesetztes Kopieren nach naturgetreuen antiken Originalen jede Naturähnlichkeit verloren. Solche Kopien weichen durch Stilisierung und schematische Darstellung der Pflanzenteile von der natürlichen Pflanzenform oft so stark ab, daß sie teilweise undefinierbar werden. Es macht den Eindruck, als ob AUSLASSER durch botanische Literatur und Pflanzenbilder die Anregung erhielt, selbst Pflanzen nach der Natur zu zeichnen und zu malen. Im ersten Teil des Kräuterbuches scheinen die Kopien in der Mehrzahl zu sein (cf. Nr. 4, 5, 8, 10, 11, 12 und folgende bis etwa Nr. 19). Nr. 4 (Spitziger Wintergrün der chlanz-pirola) findet sich z.B. im gleichen Typ wieder im Herbarius (Passau 1485) S. 250, ebenso Nr. 11 usf. Nr. 8 ist offenbar eine Kopie einer romanischen Darstellung der Hirschwurz (*Pencedanum cervaria* L.). AUSLASSER hat sie aus einem älteren Buch nebst dem deutschen Namen übernommen und diesen falsch abgeschrieben (birswurz statt hirswurz, wie es im deutschen Pflanzenverzeichnis des Buches richtig heißt). Viele der einfach mit Wundchrawt bezeichneten Pflanzenbilder scheinen mir nicht näher definierbare Kopien zu sein. Die herzförmige Blattgestaltung von Nr. 8, 10 und 178 und die Wurzeldarstellung dieser Pflanzen zeigt stilistische Eigentümlichkeiten der Pflanzendarstellungen der romanischen Epoche. AUSLASSER ist natürlich als Kind seiner Zeit stark vom Autoritätsglauben befangen, und in seiner Arbeitsweise geht er vielfach noch scholastisch vor. Glücklicherweise ist er aber wesentlich naiver als die meisten gelehrten Scholastiker. In seinem Autoritätsglauben hält er offenbar schlechtere ältere Pflanzenbilder, die er kopiert, für andere Arten der gleichen Gattung, wie die abweichende Darstellung der *Pirola* in Nr. 2 und Nr. 4 zeigt, die beide nichts anderes als *Pirola rotundifolia* L. vorstellen. Nr. 2 ist von AUSLASSER nach der Natur gemalt, Nr. 4 nach älteren Quellen (Herbarius!). Das gleiche gilt von Nr. 101 und 176, beide mit *auricula muris*, mausörl und nagelkraut bezeichnet. Trotz grundverschiedener Darstellung ist es die gleiche Pflanze: *Hieracium pilosella* L., im ersten Falle vorzüglich nach der Natur dargestellt, im zweiten eine die Pflanze nicht erkennbar wiedergebende Kopie. Ein besonders interessanter Fall scheint mir auch bei Nr. 46, 151 und 181 vorzuliegen. Nr. 46 ist durch die

Beischriften Drueswurz und *Scrophularia* genügend als *Scrophularia nodosa* oder *aquatica* gekennzeichnet. Die Darstellung ist eine Kopie, ebenso wie Nr. 151 ohne Beischrift. Diese Pflanzendarstellung möchte ich auch für *Scrophularia* halten, wegen der Blüte und des knollig verdickten Wurzelstocks. Nr. 181 ist aber eine vorzüglich beobachtete Darstellung von *Scrophularia nodosa*, von AUSLASSER sicher nach der Natur gezeichnet. Sehr genau ist die Blütenform, die beiden langen gelben Staubfäden, der vierkantige Stengel, die blattachselständigen Seitentriebe und die Blattform wiedergegeben. AUSLASSER konnte seine nach der Natur gezeichnete Pflanze mit den Kopien nicht als identisch erkennen. Er macht aber die richtige Bemerkung: „Sie wächst wie die Chifer (d. h. die *Scrophularia* Nr. 46 d. Ref.) in der Nähe des Wassers."

2. Zeichnungen nach der Natur. Diese Pflanzengruppe ist charakteristisch für die gemeinhin in der Umgebung von Ebersberg oder etwa im Klostergarten von AUSLASSER gesammelten Kräuter, und ihre Darstellung ist als Hauptverdienst des pflanzenkundigen Mönches aufzufassen. Er hat somit nicht nur die Anfänge der deutschen Floristik, sondern auch einer Spezialflora des oberbayrischen Alpenvorlandes begründet. Für Gartenpflanzen sehe ich an die Darstellungen Nr. 21 *Eranthis hiemalis* Salisb.?, Nr. 24 *Campanula medium* L., Nr. 26 *Lilium candidum* L., Nr. 27 *Iris germanica* L., Nr. 79 *Althaea officinalis* L., Nr. 83 *Rubia tinctorum* L., Nr. 92 „Rappa" *Beta vulgaris* L., Nr. 113 *Helleborus viridis* L., Nr. 115 *Paeonia officinalis* L, Nr. 125 *Lepidium latifolium* L., Nr. 126 *Levisticum officinale* L., Nr. 140 *Hyssopus officinalis* L., Nr. 164 *Mentha piperita* var. *crispa* L., Nr. 187 *Calendula officinalis* L.

Ein Vorzug des Herbars von AUSLASSER, der den Nachfolgern jahrhundertelang nicht mehr nachgerühmt werden kann, besteht in der Betonung der Charakterflora des bayrischen Alpenvorlandes. Diese Pflanzen sind alle nach der Natur gezeichnet und gemalt, und ihre Bilder zählen zu den besten des Buches. Ich zähle hierher: Nr. 23 *Aquilegia atrata* Koch, Nr. 103 *Gentiana verna* L., Nr. 110 *Galium cruciatum* Scop., Nr. 116 *Gentiana lutea* L., Nr. 117 *Bellidiastrum Michelii* Cass., Nr. 152 *Geranium phaeum* L., Nr. 157 *Aposeris foetida* Lessing, Nr. 175 *Erica carnea* L., Nr. 177 *Pinguicula vulgaris* L., Nr. 182 *Salvia glutinosa* L.

Bezüglich der Anordnung des Stoffes scheint AUSLASSER zunächst die Absicht gehabt zu haben, nach Vorbild der mittelalterlichen Kräuterbücher eine alphabetische Reihenfolge zu treffen. Die Bilderreihe beginnt mit *asarum*, Nr. 3 ist *affodilla*. Die ursprüngliche Absicht ist aber bald wieder aufgegeben worden. Es

folgen dann die Pflanzen, wie sie beim Literaturstudium oder nach dem jahreszeitlichen Auftreten in der Natur sich ergaben. Ganz unverkennbar ist das Vorwiegen der Frühjahrsblüher am Anfang des Buches, und der Sommer- und Herbstblüher am Ende desselben. Ich schließe daraus, daß der Herbarius in seiner Anlage tatsächlich in einem Jahre abgefaßt wurde und nur hinsichtlich der Namen Nachträge erhalten hat. Nachträge sind von AUSLASSERs Hand noch viel später erfolgt. Es sind das vorzüglich die Pflanzennamen, die im lateinischen und deutschen Pflanzenverzeichnis keine roten Seitenzahlen mehr haben. Deutlich als spätere Beischriften kenntliche Pflanzennamen, die in den Pflanzenverzeichnissen nicht aufgeführt sind, sehe ich als von anderer Hand stammend an, z. B. die zweite Anführung von *Scrofularia* bei Nr. 45, ferner *Rubea tinctorum* bei Nr. 83, zweifelhaft *lilium album* bei Nr. 26, *mokochia*, *melachia* bei Nr. 78, *Epithimum* bei Nr. 90, „dicitur wilder chnoblach" bei Nr. 100, *saxifraga* bei Nr. 197.

Bemerkungen zu den Darstellungen finden sich selten. Obwohl die Auswahl der Pflanzenbilder, insbesondere der Kopien, sehr offenkundig die medizinische Verwendbarkeit der Pflanzen berücksichtigt, ist doch nur an einer Stelle, Nr. 70, ein Hinweis auf die Verwendung des *Polygonum persicaria* gegeben, nämlich gegen Zahnweh. Im übrigen finden sich nur einige Bemerkungen über die Standorte der Pflanzen, so Nr. 158, daß *Stachys palustris* L., Wundchrawt, im Wasser, Nr. 178 *Herniaria glabra* L., *Saxifraga* Steinprech auf sandigen Bergen am Boden, Nr. 181 Haydnisch Wundchrawt wie die Chifer (beide *Scrophularia* spec.) im Wasser wachse. Bei Nr. 197 heißt es von der *Ulmaria filipendula* A. Br.?: „Auf der Wurtzen fleusset gelbs pech".

In der Beobachtung der Pflanzenformen leistet AUSLASSER nicht selten Überraschendes. Daß er den Wurzeln, Wurzelstöcken, Zwiebeln etc., d. h. den unter der Erde vegetierenden Pflanzenteilen in seinen Abbildungen so große Bedeutung schenkt, bedeutet geradezu einen Vorzug gegenüber den gewöhnlichen modernen Pflanzendarstellungen. Dem mittelalterlichen Botaniker waren eben die Pflanzenteile am wesentlichsten, die medizinisch verwertbar waren, und das sind gewöhnlich die Wurzeln. Rhizotomi, Wurzelgräber, so heißen ja die alten Kräuterbuch-Herausgeber, wie KRATEVAS und andere bereits im antiken Griechenland. Die genaue Beachtung der unterirdischen Pflanzenteile kann namentlich bei den Kopien zur Feststellung der dargestellten Pflanzen mit Erfolg verwendet werden. Berücksichtigt ist ferner die Form des Stengels, so bei den Labiaten, den Lippenblütlern und bei den

Scrophulariaceen, den Rachenblütlern der vierkantige Stengel. Die Blütenstände sind meist etwas schematisiert, oft aber trotz der einfachen Mittel der Darstellungsweise vortrefflich wiedergegeben, z. B. bei der *Euphrasia*, Augentrost Nr. 40, der *Parnassia palustris* Nr. 41, der *Linaria vulgaris*, Unser frawn har Nr. 57, der *Lathraea squamaria*, Maywurz Nr. 101, den Orchideen Nr. 107, 108 und bei vielen anderen. Die äußerlich ähnlichen *Scabiosa columbaria* Nr. 160 und *Knautia arvensis* Nr. 162 lassen sich an den Blattformen und Blütenblättern unterscheiden. Bei der *Knautia* ist sogar ein nicht selten hier vorkommender niederer Pilz auf den unteren Blättern wiedergegeben, wohl die erste Darstellung eines fungus imperfectus überhaupt.

Trotz seiner guten Beobachtungsgabe und seiner Fähigkeit, das Beobachtete richtig darzustellen, ist AUSLASSER in der Ausführung seiner Pflanzendarstellungen nicht immer sehr gewissenhaft. Künstler seiner Zeit, wie ULRICH APT, sind ihm in der Peinlichkeit der Durchführung von Pflanzenbildern sicher überlegen. Wir müssen uns allerdings vor Augen halten, daß VITUS AUSLASSER ein einfacher Mönch und kein Künstler war, und daß er noch ganz in der Befangenheit der gotischen Darstellungsweise steckte. Darum herrscht auch bei seinen besten Bildern eine auffallende Steifheit der Wuchsformen vor. ALBRECHT DÜRER übertrifft ihn hier weit durch den vorzüglichen Habitus seiner Pflanzendarstellungen und die bessere Perspektive. Unserem AUSLASSER lag offenbar wenig an der Kritik seiner Mitmenschen. Er stellte seinen Herbarius aus eigenstem Interesse zusammen, vielleicht so wie man heutzutage Einträge in ein Notizbuch oder Sammelheft macht. Es kommt ihm oft gar nicht darauf an, Buchstaben zu verwechseln oder falsche Wortbildungen niederzuschreiben. Mit der Namengebung scheint er bei ihm unbekannten Pflanzen schnell bei der Hand zu sein. Um mit seiner Gelehrsamkeit zu prunken, nimmt er oft ganz unmögliche Namen unter die Synonymen für die einzelnen Pflanzen auf, so gleich bei Nr. 1 *Centinodia*, *Ciclamas*, *Archangelica* für *Asarum europaeum*, die Haselwurz, Nr. 35 *Verbena* für *Agrimonia eupatoria*, Nr. 64 *Morella*, Nachtschad, für eine offenbare Chenopodiacee, Nr. 124 *Anetum*, weiß Tyllen, für eine Crucifere, *Raphanus raphanistrum* L. Hederich. Anscheinend hat AUSLASSER auch manche angelegte Zeichnung nach dem Gedächtnis koloriert, ursprünglich aufgesetzte Farben wieder übermalt, Blüten mit grüner Farbe angestrichen usw. (cf. Nr. 5, 66, 163). Die Pflanzenverzeichnisse sind keineswegs vollständig, und an einer Stelle sind sogar die Seitenzahlen ausgelassen.

Trotz aller seiner Mängel haftet doch dem Herharius des VITUS AUSLASSER ein ganz besonderer Reiz an. Es ist der Reiz der Originalität, der treuherzigen Aufrichtigkeit, den wir an den naturwissenschaftlichen Werken des Mittelalters so vermissen. Nicht öde Abschreiberei, sondern eigene Beobachtung hat uns der Ebersberger Mönch gegeben, und dadurch hat er sich zweifellos ein Denkmal in der deutschen, wenn nicht der mittelalterlichen Botanik überhaupt gesetzt.

München, im Juni 1923.

---

27. S. M. Wislouch: Beiträge zur Diatomeenflora von Asien.
II. Neuere Untersuchungen über die Diatomeen des Baikal-Sees.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 29. Februar 1924. Vorgetragen in der Aprilsitzung.)

Während meiner Tätigkeit an der Hydrobiologischen Station des Agronomischen Instituts zu Petrograd bearbeitete ich zwei Algensammlungen, und zwar eine Reihe von Planktonproben (gesammelt 1916 von G. WERESCHTSCHAGIN) und einige Algenproben (aus dem Jahre 1915 von stud. J. TICHOMIROFF).

Bei der Bearbeitung richtete ich mein besonderes Augenmerk auf die Diatomeen, sowohl infolge meines speziellen Interesses für diese Algengruppe, als auch darum, weil die Bacillariaceen dieses riesigen Süßwasserbeckens noch sehr wenig bekannt sind[1]). Dabei ist dieser See in geographischer Beziehung äußerst interessant sowohl wegen seiner Tiefe, welche die aller anderen Binnenseen um ein bedeutendes übertrifft, als auch wegen seiner Entstehungsgeschichte.

Aus den obigen Sammlungen wählte ich zwei Proben[2]), um sie speziell auf Diatomeen zu untersuchen. Die erste Probe ent-

1) Eine Zusammenstellung aller Angaben über die Diatomeen des Baikal-Sees findet sich bei: V. DOROGOSTAISKY, Matériaux pour servir à l'algologie du lac Baikal et de son bassin. (Bull. d. Naturalistes de Moscou, 1904, pag. 229—265, pl. VI.)

2) Die systematische Bearbeitung des ganzen übrigen Materials übernahm Frl. O. W. TROITZKAJA.

hielt Plankton vom Eingang in die Bucht von Ongakon (gesammelt von G. WERESCHTSCHAGIN), die andere Algen aus einer Höhlung in einem Stein am Ufer der Insel Olchon (gesammelt von J. TICHOMIROFF). Der Kürze halber werde ich sie im nachstehenden mit Material aus Ongakon bzw. Material aus Olchon bezeichnen.

A. Material aus Ongakon.

In diesem Material bestimmte ich die nachstehenden Diatomeen:

Cyclotella striata (Ktz.) Gr.

Melosira Binderana Ktz. var. *limnetica* Balachoncew.

Bezüglich dieser Form existiert in der russischen Literatur bis 1909, in der westeuropäischen dagegen bis zum heutigen Tage[1]) eine unglaubliche Verwirrung, die um so weniger verständlich ist, als die deutliche Originalzeichnung von KÜTZING[2]) es schlechthin unmöglich macht, diese Form mit einer anderen zu verwechseln; und doch sind Verwechslungen bei allen späteren Autoren[3]) an der Tagesordnung. In Rußland wurde als erster E. BALACHONCEW auf die Ungewißheit aufmerksam und schuf Klarheit. Leider ist BALACHONCEWs Arbeit[4]) an einer selbst in Rußland schwer zugänglichen Stelle gedruckt und daher außerhalb seiner Heimat gänzlich unbekannt geblieben, so daß bis jetzt diese Form mit *M. italica* und *M. distans* verwechselt wird. Der grundlegende Unterschied diesen Formen gegenüber besteht (wie BALACHONCEW richtig bemerkt) darin, daß *M. Binderana* überhaupt keine Punktierung der Gürtelbänder aufweist, so daß sie von vornherein nicht mit punktierten Formen verwechselt werden kann. Außerdem sind die Zellen von *M. Binderana* in sehr charakteristischer Weise tönnchenförmig aufgetrieben, wobei die Ähnlichkeit mit einer Tonne noch dadurch vergrößert wird, daß die Enden jeder Schale je zwei ringförmige Verdickungen besitzen, wodurch die Zelle sich als mikroskopisches Tönnchen mit vier Reifen (je zwei an jedem Ende) darbietet. Diese Kennzeichen sind derartig augenfällig und so gut

1) SCHÖNFELD, Bacillariales (in PASCHERs Süßwasserflora, H. 10, 1913) zeichnet diese Form noch immer mit einer Punktierung wie bei *M. italica*.

2) KÜTZING, F. T., Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. 2. Abdruck. Nordhausen 1865 (pag. 55).

3) Nur O. MÜLLER (Bacillariaceen aus dem Nyassalande etc., 2. Folge, ENGLERs Bot. Jahrb. 1904) bemerkt kurz, daß *M. Binderana* mit den granulierten Melosiren nichts gemein hat.

4) E. BALACHONCEW, Botanisch-biologische Untersuchungen des Ladoga-Sees. (Berichte des Magistrats von St. Petersburg, 1909, pag. 312—313).

aus den Zeichnungen von KÜTZING erkennbar, daß die Verwechslungen späterer Diatomeenforscher ganz unbegreiflich sind[1]).

Die typische Form von KÜTZING hat folgende Dimensionen: Durchmesser der Zelle 5—13 μ, Länge das 8- bis 10fache des Durchmessers. Dagegen fand BALACHONCEW (l. c.) im Ladoga-See eine Form von absolut gleichem Habitus und Durchmesser, jedoch mit wesentlich kürzeren Zellen (1—2½ μ Durchmesser), die er var. *limnetica* nannte. R. W. KOLBE und ich trafen diese Form im Onega-See, und ich beobachtete sie noch im Fluß Narowa und im Finnischen Meerbusen zwischen Petrograd und Kronstadt.

Melosira islandica O. M.

Melosira baikalensis (K. Meyer?) Wisl. **nov. sp.**

Soweit mir laut mündlicher Mitteilung bekannt geworden ist, hat der Moskauer Botaniker K. MEYER eine *Melosira*-Art aus dem Baikal-See mit dem obigen Namen belegt. Da ich jedoch nirgends in der Fachliteratur eine Beschreibung seiner Form finden kann und nicht weiß, ob unsere Formen identisch sind, setze ich den genannten Autor mit einem Fragezeichen in Klammern und gebe nachstehend die Diagnose dieser neuen Art:

M. baikalensis gehört zur Sektion *Rectistriatae* (s. unten). Es ist eine derbe Form, da die Wand einer erwachsenen Zelle eine Dicke von 1,5—2 μ erreicht. Höhe ohne Gürtelband[2]) 38—72 μ, Durchmesser des Fadens 8—20 μ, Verhältnis von Höhe zu Durchmesser 2,3—5,8, Gürtelband einer Zelle 4—8 μ; kann vor der Teilung die Länge von 60 μ und mehr erreichen. Die Porenreihen sind gerade und parallel der Längsachse des Fadens, zuweilen sehr schwach geneigt, 7,5—9 pro 10 μ. Der Abstand der sehr groben Poren in den Reihen ist oft ungleichmäßig, im Durchschnitt 3—6 auf 10 μ; nicht selten ± große Lücken vorhanden. Zuweilen (besonders an den Enden der Schalen) sind die entfernt stehenden Punkte durch deutliche Striche verbunden, die in einigen Fällen weitgehend die Punkte verdrängen, so daß ein Teil der Schale dann längs gestreift erscheint. Die Innenwand der Zelle ist konvex. Der Sulcus fehlt von außen, ist jedoch von innen scharf ausgeprägt als stark hervortretende innere Ringleiste. Ein Pseudosulcus ist kaum erkennbar, und die Disken berühren einander mit der ganzen

---

1) Für diesen Umstand ist wohl hauptsächlich GRUNOW verantwortlich zu machen, der in der häufig kritiklos benutzten Zusammenstellung von VAN HEURCK: Synopsis des Diatomées de Belgique *M. italica* als *M. Binderana* abbildete (l. c., Taf. 88, Fig. 16).

2) Nach der Terminologie von O. MÜLLER für das Genus *Melosira*.

Fläche. Von außen ist die Mantelfläche der Zelle vollständig geradlinig, und daher ist der ganze Faden kontinuierlich zylindrisch.

Habitat (Baikal-See-Bucht von Ongakon, Ufer der Insel Olchon).

Fragilaria construens (Ehrb.) Gr.
„ *pinnata* Ehrb.
„ *parasitica* W. Sm.
„ „ var. *subconstricta* Gr.
Synedra Acus var. *angustissima* (Gr.) V. H. Sehr lange Schalen, bis 260—280 μ.
Ceratoneis Arcus Ktz.
Eunotia Clevei Gr.
Cocconeis Placentula Ehrb.
Pinnularia borealis Ehrb.
Navicula Tuscula Ehrb.
„ *Gastrum* (Ehrb.) Donk.
„ *peregrina* var. *Menisculus* (Schum.) Gr.
„ *Bacillum* Gr.
„ „ var. *lepida* (Greg.) Gr.
„ *bacilliformis* Gr.
„ *Pupula* Ktz.
Gyrosigma attenuatum Ktz.
Gomphonema geminatum (Lyngb.) Ag.
„ „ var. *sibirica* Gr.
„ „ var. *stricta* M. S.
„ *ventricosum* Greg.
„ *angustatum* (Ktz.) Cl.
„ ***quadripunctatum*** (Oestr.) Wisl. **nov. comb.** (= *Gomph. olivaceum* var. *quadripunctata* Oestr.)
„ „ var. ***hastata*** Wisl. **nov. var.**

Oestrup hat seinerzeit (Diatomeenflora des Kossogol-Beckens in „Hedwigia", 48. Band, 1909, pag. 74) für den Kossogol-See in der Mongolei eine neue Form, *G. olivaceum* var. *quadripunctata*, beschrieben, die durch ihre im Mittelfeld symmetrisch gelegenen isolierten 4 Punkte charakterisiert ist. Bei unserer gemeinsamen Bearbeitung der Diatomeen des Onega-Sees fanden R. W. Kolbe und ich diese Form in einigen Exemplaren. Schon damals erschien uns die Zugehörigkeit dieser Form zur Art *G. olivaceum* zweifelhaft, doch ließen wir diese Frage vorläufig offen, da das uns zur Verfügung stehende Material zu spärlich war. In den Proben vom Baikal-See konnte ich nun sowohl die typische Form,

als die neue Varietät (im Material aus Olchon beide Formen, im Material aus Ongakon dagegen nur die Varietät) sehr häufig antreffen und mich überzeugen, daß man es hier entschieden mit einer selbständigen Art zu tun hat. Der ganze Habitus der Form, das eigenartige breite Mittelfeld mit den 4 isolierten Punkten und endlich die Gegenwart eines kleinen, aber deutlich sichtbaren Septums[1]) am Kopfende der Schale veranlassen mich, die OESTRUPsche Form als selbständige Art — *Gomphonema quadripunctatum* (Oestr.) Wisl. — abzusondern. Die typische Form ist durch ziemlich schlanke Schalen mit etwas konkaven Rändern, die sich entweder an beiden Hälften oder nur an der einen finden (Fig. 6), gekennzeichnet. In den Baikal-Proben (besonders in den Proben von Olchon) kommt noch eine andere, viel massigere und breitere Form vor, die Ähnlichkeit mit einer nach unten gerichteten Speerspitze hat, und die ich als Varietät: *G. quadripunctatum* var. *hastata* von der Art trenne. Die Dimensionen der Varietät sind: L. 42—64 μ, Br. 10—18 μ, Verhältnis L : Br = 2,8 bis 5,6. Die Schalenränder sind gerade oder leicht konvex, das Mittelfeld ist rund oder quer elliptisch und enthält 4 symmetrisch neben der Raphe gelegene Punkte. Am oberen Schalenrand ein deutlich sichtbares Septum. Striche 14—15 in 10 μ (vgl. Fig. 5, a—c).

Habitat (Baikal-See, Bucht von Ongakon und Uferzone der Olchoninsel).

Rhoicosphenia curvata (Ktz.) Gr.
Cymbella leptoceros (Ehrb.) Gr.
„ *cuspidata* Ktz.
„ *Ehrenbergii* Ktz.
„ „ var. ***Gutwinskii*** Wisl. **nov. var.**

Dem ganzen Habitus nach gehört diese neue Form unzweifelhaft zu *Cymbella Ehrenbergii*, mit welcher Art sie auch das charakteristische, zur Mitte nur wenig erweiterte Mittelfeld teilt. Vom Typus unterscheidet sich die neue Varietät durch ihre sehr gestreckte, schlanke Form und die ziemlich spitzen, allmählich vorgezogenen Enden. Ich habe sie nur in 3 Exemplaren angetroffen und führe nachstehend ihre Dimensionen an: Länge 125—140 μ; Breite 27—32 μ; Striae in der Mitte der Schale:

---

1) OESTRUP (l. c.) hat dieses Septum nicht abgebildet (vgl. Fig. 6, welche nach der Originalzeichnung von OESTRUP angefertigt wurde), obgleich es bei allen meinen Exemplaren sowohl der typischen Form als auch der Varietät von der Schalenseite aus gesehen sehr deutlich als Bogenlinie am Kopfpol dicht am Schalenrande sichtbar war.

dorsal 8—9/10 μ; ventral 10—11/10 μ; an den Enden 10—11/10 μ. Die Form wurde zu Ehren des polnischen Botanikers GUTWINSKI benannt, welcher die Algen des Baikal-Sees bearbeitete. (Vgl. Fig. 7.)

Amphora ovalis Ktz.
„ „ var. *pediculus* Ktz.
Hantzschia amphioxys (Ktz.) Gr.
Surirella bifrons (Ehrb.) Ktz.
„ „ var. *tumida* O. M.

Zum Schluß einige Bemerkungen zur Systematik der Gattung *Melosira*, deren einzelne Arten, wenigstens zum Teil, noch recht unklar sind und oft verwechselt werden (vgl. z. B. die obenerwähnte *Melosira Binderana*). Wenngleich das Chaos innerhalb dieser Gattung im wesentlichen durch die klassischen Untersuchungen von O. MÜLLER über europäische und afrikanische Melosiren (zu Anfang unseres Jahrhunderts) gesichtet wurde, so ist trotzdem eine gewisse Unsicherheit verblieben. Diese Unbestimmtheit hat m. E. ihren Grund darin, daß die erwähnten Arbeiten des genannten Autors nicht abgeschlossen sind; auch hat O. MÜLLER keine Gliederung der Gattung in Unterabteilungen gegeben, was die Systematik der oft sehr schwierigen Formen erleichtert und vereinfacht hätte. Auf Grund der Untersuchungen von O. MÜLLER und eigener langjähriger Beobachtungen schlage ich eine provisorische (hauptsächlich praktische) Gliederung der Gattung *Melosira* in nachstehende Gruppen vor:

Sectio 1. *Rectistriatae.* Kennzeichen: Gerade, der Fadenachse parallel gerichtete oder schwach geneigte Porenreihen.

Hierher gehören:

Melosira islandica O. M. et var. *helvetica* O. M. (= subsp. *helvetica* O. M.) et var. *coronata* Wisl. (= *Mel. crenulata* Ktz. in CLEVE-MÖLLER, Diatomaceen-Präparate, Nr. 219); *Melosira baikalensis* (K. Meyer?) Wisl.; *Mel. striata* O. M.; *Mel. valida* (Gr.) Meister (= *Mel. crenulata* var. *valida* Gr.); *Mel. distans* (Ehrb.) Ktz. et var. *alpigena* Gr. et var. *nivalis* (W. Sm.) Gr. et var. *Pfaffiana* (Reinsch) Gr. et var. *laevissima* Gr.; *Mel. lirata* (Ehrb.) Gr. et var. *lacustris* Gr. et var. *scalaris* (Gr.) O. M.; *Mel. solida* Eulenst.; *Mel. Roeseana* Rabh.; *Mel. undulata* Ktz. et var. *Normannii* Arnott.

Ich möchte bemerken, daß sich bei einigen Formen der *M. distans* zuweilen eine leichte Krümmung der Porenreihen bemerkbar macht. Diese Formen leiten mithin zur nächsten Reihe über.

Sectio 2. *Sigmostriatae.* Kennzeichen: S-förmig gekrümmte Porenreihen bei allen Zellen eines Fadens. Hierher gehören: *Melosira italica* Ktz. et var. *subarctica* O. M. (= subsp. *subarctica* O. M.) et var. *ambigua* (Gr.) Wisl. (= *Mel. ambigua* O. M.) et var. *crenulata* Ktz. (Einige Autoren schreiben unrichtig *M. crenulata*).

Sectio 3. *Heterostriatae.* Kennzeichen: S-förmig gekrümmte Porenreihen bei allen Zellen eines Fadens, mit Ausnahme der Endzellen, bei welchen die Reihen gerade sind. Die Endzellen sind gewöhnlich mit langen Dornen versehen. Fadenstücke ohne Endzellen sind zwar Exemplaren der vorhergehenden Sektion ähnlich, können aber durch ihre grobe Streifung — gewöhnlich nicht über 12 Porenreihen pro 10 μ — unterschieden werden. Hierher gehören: *Melosira granulata* Ehrb. et var. *procera* (Ehrb.) Gr. et var. *angustissima* O. M. et var. *punctata* O. M.

Diese Reihe nimmt infolge ihrer gemischten Streifung eine Mittelstellung zwischen den Sektionen 1 und 2 ein.

Sectio 4. *Decussatae.* Kennzeichen: Die Skulptur wird durch zwei sich unter einem Winkel kreuzende Streifensysteme gebildet. Hierher gehört: *Melosira arenaria* Moore.

Sectio 5. *Laevigatae.* Kennzeichen: Keine sichtbare oder scharf definierte Skulptur (zuweilen sind nur unregelmäßig zerstreute, sehr zarte Punkte bemerkbar). Zylindrische, zuweilen schwach eingeschnürte Schalen. Hierher gehören: *Melosira varians* Ag. et var. *orichalcea* (Mert.) O. M.; *Mel. Dickiei* Thw.

Sectio 6. *Doliosirae* Balachoncew[1]). Kennzeichen: In der Mitte ± aufgetriebene (tonnenförmige) Zellen mit ein oder zwei reifenartigen Verdickungen an den Enden der Schale. Porenskulptur fehlt. Hierher gehören: *Melosira Binderana* Ktz. (viele Autoren schreiben fälschlicherweise *M. binderiana*) et var. *limnetica* Balach.; *M. Oestrupii* A. Cl. (?).

Die vorgeschlagenen Reihen umfassen alle mir persönlich bekannten kontinentalen Formen der Gattung *Melosira*; es sind größtenteils Süßwasserformen und nur ein kleiner Teil lebt im Brackwasser. Obzwar die marinen, mir weniger bekannten Formen dieser Gattung bei obiger Aufstellung nicht in Betracht gezogen

1) Diese Reihe wurde von E. BALACHONCEW speziell für 2 Formen der *M. Binderana* (vgl. oben bei *M. B.* var. *limnetica*) vorgeschlagen.

wurden, glaube ich, daß sie sich ziemlich leicht in die 6 Sektionen einfügen lassen; andernfalls könnte die Anzahl der Sektionen entsprechend vermehrt werden.

B. Material aus Olchon.

Dieses, aus einer Vertiefung in einem am Ufer liegenden Stein entnommene, recht artenarme Material war jedoch recht interessant infolge des sehr häufigen Auftretens von *Cymbella Stuxbergii* und *Gomphonema quadripunctatum* mit deren Varietäten.

Es wurden die nachstehenden Formen bestimmt:

Melosira baikalensis (K. Meyer?) Wisl. Diese Form wurde oben, bei Besprechung des Materials von Ongakon, genauer beschrieben.

Gomphonema geminatum (Lyngb.)
„ „ var. *sibirica* Gr.
„ „ var. *stricta* M. S.
„ *ventricosum* Greg.
„ *quadripunctatum* (Oestr.) Wisl.
„ „ var. *hastata* Wisl. Diese beiden oben (Material von Ongakon) genauer beschriebenen Formen waren hier in einer noch größeren Anzahl von Exemplaren vertreten, die alle Übergänge vom Typus zur Varietät erkennen ließen.

Cymbella Stuxbergii Cl.
„ „ var. *sibirica* (Gr.) Wisl. nov. comb. (= *Cymbella Cistula* var. *sibirica* Gr.). (Fig. 4, vgl. auch Fig. 1d).
„ „ var. **intermedia** Wisl. **nov. var.** (Fig. 1a—e).

Die obengenannten 3 Formen von *C. Stuxbergii* bildeten die Hauptmasse des Materials von Olchon. Es war augenfällig, daß man es hier außer der Stammform mit einer Reihe überaus variabler Formen zu tun hatte, die einerseits allmählich zu *C. Cistula* hinüberleiteten, andererseits aber zu einer eigenartigen neuen Varietät der *C. Stuxbergii* hinführen. Diese Varietät steht im allgemeinen Schalenbau *C. Cistula* zwar nahe, doch verbindet sie ihr charakteristisches Mittelfeld, das zahlreiche scharf gesonderte Punkte besitzt, unzweifelhaft mit *C. Stuxbergii*, weshalb ich die neue Form var. *intermedia* nenne. Nachstehend gebe ich ihre Diagnose: Schale schwach gebogen, die Dorsalseite bogenförmig, die Ventralseite gerade mit

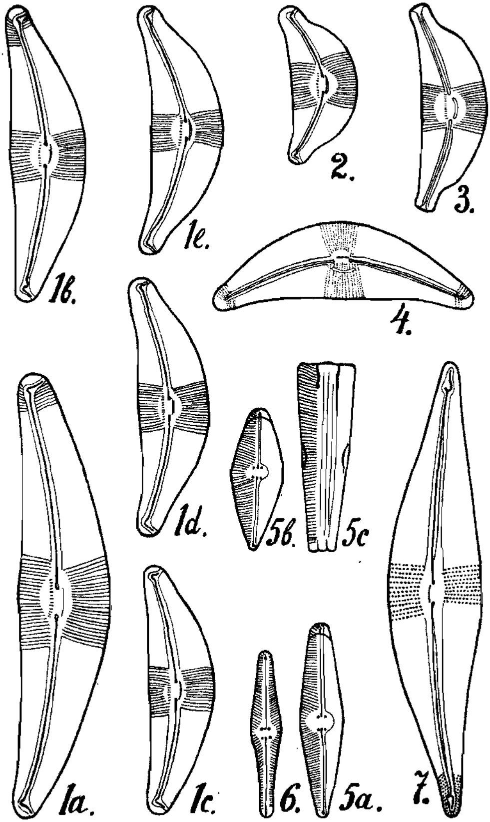


Abbildung.
(Siehe Figurenerklärung).

schwach konvexer Mitte, die Enden gerade, stumpf gerundet, zuweilen etwas vorgezogen. — Lg. 92—160 μ, Br. 20—31 μ, Striae in der Mitte 9—12 auf 10 μ (dorsal) bzw. 8—10 (ventral). Raphe bogenförmig, näher zur Bauchseite gelegen. Der Zentralknoten ist verlängert, die Endknoten scharf nach der Rückseite zu umgebogen. Das Achsenfeld ist schmal und besitzt am Zentralknoten eine elliptische Erweiterung. An der ventralen Seite dieser Erweiterung befindet sich eine Reihe von 12—18 länglichen Punkten, die von den ventralen Striae scharf durch ein halbmondförmiges, glattes Feld gesondert sind (Fig. 1, a—e).

Habitat (Uferzone der Insel Olchon):

Diese Form besitzt das charakteristische Mittelfeld *C. Stuxbergii*, jedoch steht sie dem Schalenumriß nach *C. Cistula* sehr nahe; auch sind ihre Enden nicht oder kaum vorgezogen, was für *C. Stuxbergii* typisch ist.

Im vorliegenden Material bildet nun die beschriebene Varietät zwei Reihen von Übergangsformen, wobei die eine Reihe (vgl. Figg. 1 b, c; 2; 3) als Endglied die typische *C. Stuxbergii*[1]) (vgl. Fig. 2) hat, während die andere (vgl. Figg. 1 c, d, f) zu einer Form führt, welche der Diagnose von *C. Cistula* var. *sibirica* Gr. fast vollkommen entspricht (vgl. Fig. 1 d). Die einzige Differenz gegenüber der Diagnose von GRUNOW besteht in den leicht vorgezogenen Enden, die übrigens auch vom genannten Autor selbst gezeichnet werden (vgl. Fig. 4 — Kopie nach GRUNOW —), obgleich in der Diagnose (CLEVE — Synopsis of the Nav. D. Part. I, pag. 173) nichts davon erwähnt wird. — Wir hätten demnach in der neuen var. *intermedia* mit ihren Übergangsformen ein Bindeglied im vollen Sinne des Wortes zwischen *C. Stuxbergii* und *C. Cistula* var. *sibirica*.

Nun scheinen mir eine Reihe von Tatsachen gegen eine Verbindung der var. *sibirica* mit dem Formenkreis der *C. Cistula* zu sprechen. Var. *sibirica* besitzt eine wesentlich größere Anzahl (nicht weniger als 9) scharf gesonderter Punkte, wogegen *C. Cistula* gewöhnlich nicht über 5 Punkte aufweist; das Mittelfeld der var. *intermedia* trägt unzweifelhaft denselben Charakter (etwas verschmälert) wie *C. Stuxbergii*. — Endlich ist ein lückenloser Zusammenhang der var. *sibirica* mit *C. Stuxbergii* durch die var. *intermedia* und deren Zwischenformen erwiesen, während andererseits *C. Cistula* keine solchen Übergänge aufzuweisen hat.

1) Die im Baikal-See gefundenen Formen hatten beinahe stets breitgerundete Enden, und nur sehr selten wurden Formen mit stumpf abgesetzten Enden, wie sie CLEVE zeichnet (vgl. Fig. 3 — Kopie nach CLEVE) angetroffen.

Diese Tatsachen veranlassen mich zu der Annahme, daß var. *sibirica* nicht zu *C. Cistula*, sondern zum Formenkreis von *C. Stuxbergii* gehört; die richtige Schreibweise wäre demnach: *C. Stuxbergii* var. *sibirica* (Gr.) Wisl.

Obgleich es also bei flüchtiger Betrachtung den Anschein hatte, daß in unserem Material durch die Vermittlung von *C. Stuxbergii* var. *intermedia* alle Übergänge zwischen *C. Stuxbergii* und *C. Cistula* vorliegen, lehrt ein eingehenderes Studium, daß diese Übergänge nur scheinbar und durch die Ähnlichkeit der äußeren Schalenform bedingt sind, und daß der Formenkreis von *C. Stuxbergii* (besonders, wenn man var. *sibirica* hinzurechnet) im Schalenbau durchaus einheitlich und nach wie vor von der Gruppe der *C. Cistula* getrennt ist.

So hat sich das obige, recht artenarme Material als wertvoll erwiesen in bezug auf die Klärung der Zusammenhänge zwischen den Formenkreisen der genannten *Cymbella*-Arten.

Figurenerklärung.

Fig. 1. a–c. *Cymbella Stuxbergii* var. *intermedia* Wisl. (nov var.).
d. Dieselbe, Übergangsform zu *C. Stuxbergii* var. *sibirica* (Gr.) Wisl. (= *C. Cistula* var. *sibirica* Gr.).
e. Dieselbe, Übergangsform zum Typus *C. Stuxbergii* Cl.

Fig. 2. *Cymbella Stuxbergii* Cl. aus dem Material von Olchon.

Fig. 3. „ „ „ nach CLEVE.

Fig. 4. *Cymbella Cistula* var. *sibirica* Gr. jetzt = *C. Stuxbergii* var. *sibirica* Gr.) Wisl. nach GRUNOW.

Fig. 5. a–c. *Gomphonema quadripunctatum* (Oestr.) Wisl. (= *G. olivaceum* var. *quadripunctata* Oestr.); a, b = Schalenansicht; c = Gürtelbandansicht.

Fig. 6. Dieselbe, nach OESTRUP.

Fig. 7. *Cymbella Ehrenbergii* Ktz. var. *Gutwinskii* Wisl. (nov. var.).

Alle Figuren sind mit dem Zeichenapparat von ABBE-ZEISS unter Benutzung einer apochrom. Ölimmersion 2 mm von ZEISS und eines Okulars Nr. 3 von LEITZ angefertigt.

28. Hugo de Vries und K. Boedyn: Die Gruppierung der Mutanten von Oenothera Lamarckiana.

(Eingegangen am 29 Februar 1924. Vorgetragen in der Aprilsitzung.)

Seitdem in der letzten Zeit die Anzahl der Mutanten von *Oenothera Lamarckiana* bedeutend zugenommen hat, hat sich das Bedürfnis einer Klassifizierung immer mehr fühlen lassen. SHULL (1923) hat neulich gezeigt, daß eine Reihe solcher Formen sich nach den von MORGAN eingeführten Prinzipien studieren lassen und sich dabei als zu einer einzigen Bindungsgruppe gehörend ergeben. GATES hat versucht, auch die übrigen Typen zu gruppieren, und dabei *O. mut. lata* und *O. mut. scintillans* in den Vordergrund gestellt. Zu ganz parallelen Ergebnissen sind wir selbst gelangt, indem wir die Gruppen der Mutanten mit den einzelnen Chromosomen in Verbindung zu bringen suchten.

Man kann dabei zwei Hauptgruppen annehmen. In der einen verhalten sich die untersuchten Merkmale zumeist rezessiv, in der anderen aber sind sie im wesentlichen dominant. Die meisten Mitglieder der ersten Gruppe sind Verlustmutationen, während einige wenige atavistischer Natur sind, d. h. auf das Wiedererscheinen verlorener Eigenschaften zurückzuführen sind. Zu den Verlustmutationen gehören namentlich die Zwerge und die spröden Formen, sowie die Schwankungen der roten Farbe der Belaubung. Wir haben diese alle zu einer einzigen Gruppe gebracht, und die Erfahrungen SHULLs stehen damit im vollen Einklang. Wir nannten diese Gruppe die zentrale und nehmen an, daß ihre Faktoren sich in einem der drei großen Chromosomen befinden.

Die zweite Hauptgruppe umfaßt wenigstens vorwiegend dominante Formen, d. h. solche, welche nur von denjenigen Exemplaren vererbt werden, welche sie auch zur Schau tragen. Hier treten die Faktoren nicht einzeln auf, sondern in Komplexen. Diese verändern den ganzen Habitus der Pflanzen und verhalten sich zueinander wie die Unterschiede nahe verwandter Arten in der Natur. Solche Mutationen sind für die Oenotheren bis jetzt typisch, indem analoge Erscheinungen bei anderen Organismen vorläufig noch nicht entdeckt worden sind. Früher waren sie selten, fast nur durch die Mut. *lata*, *scintillans* und *oblonga* vertreten, und konnten daher als Ausnahmen betrachtet werden. Jetzt sind

sie aber in so großer Zahl bekannt geworden, daß sie als eigener Typus in den Vordergrund treten. Als die wichtigsten unter ihnen nennen wir ferner Mut. *cana*, *pallescens*, *liquida* und *spathulata*. Mit Ausnahme von *oblonga* sind diese Formen dimorph, indem sie sich in jeder Generation spalten. Alle führen sie in ihren Kernen 15 Chromosomen und im Pollen einen letalen Faktor, der die Ursache ist, daß ihre Eigenschaften durch ihren Blütenstaub nicht vererbt werden können.

Es stellte sich bald heraus, daß sich an *O. lata* und *O. scintillans* je eine ganze Reihe anderer Formen anschließen, während die vier übrigen mehr isoliert dastehen. Daraus haben wir dann gefolgert, daß jene beiden den zwei großen lateralen Chromosomen angehören, während die übrigen die vier kleinen Kernstäbe vergegenwärtigen.

Seitdem haben wir in der Nachkommenschaft von *Semigigas* ein Mittel gefunden, um diese Auffassung näher zu begründen. Wir gehen dabei von der folgenden Betrachtung aus:

Die typischen Mutanten von *O. Lamarckiana* pflegen 15 Chromosomen in ihren Kernen zu haben, indem in einem Paare bei der Synapsis die übliche Trennung der beiden Fäden unterblieben ist. In *Semigigas* sind aber in der einen Kernhälfte alle Stäbchen in dieser Weise verdoppelt; daher ihre Zahl $2 \times 7 + 7 = 21$ ist. Nimmt man nun an, daß hier in jedem Chromosom sich die typische Mutation vollzogen hat, welche sonst nur von der Verdoppelung des fraglichen Kernstabes begleitet wird, so kann man folgern, daß bei der Entstehung von *Semigigas* sieben typische Mutationen gleichzeitig vor sich gehen müssen, jede in einem besonderen Kernstabe. Man muß sich dann vorstellen, daß in *Semigigas* die sieben betreffenden Faktorenkomplexe, welche in *O. Lamarckiana* zwar prämutiert, aber noch nicht endgültig mutiert sind, aktiviert werden. Sie treten aus dem latenten Zustande in den aktiven über. Es handelt sich dann nur noch darum, sie voneinander zu trennen.

Solches findet aber von selbst statt, wenn man die Samen von *Semigigas* aussät. In Kulturen von ausreichendem Umfange erkennt man dann die Haupttypen nach einiger Uebung leicht. Nur sind sie mit zahlreichen, oft undeutlichen Zwischenformen gemischt. Das ist ja auch nicht anders zu erwarten. Bei der Reduktionsteilung werden die einzelnen Chromosomen, wie ZIEGLER nachgewiesen hat, nach den Wahrscheinlichkeitsgesetzen über die beiden Tochterkerne verteilt. Im Falle von *Semigigas* erhalten dabei einige nur je ein einziges verdoppeltes Chromosom, andere

aber je zwei oder mehrere. Diese letzteren müssen gemischte Typen erzeugen, aber glücklicherweise dominiert dabei, nach unserer Erfahrung, zumeist ein Bild über die anderen und ist dadurch eine Einreihung in die Hauptgruppen meist auch für diese Individuen möglich. Es ist aber wesentlich, für die Bestäubung solchen Pollen zu benutzen, der diese gemischten Typen nur in einer verhältnismäßig kleinen Anzahl lebensfähig werden läßt und namentlich die zu stark gemischten tötet. Als solchen verwenden wir vorzugsweise den Blütenstaub des Zwillingsbastardes *Oenothera (biennis × Lamarckiana) velutina*.

Eine Pflanze von *O. semigigas*, welche 21 Chromosomen führte, wurde 1922 mit diesem Staub befruchtet und lieferte dreißig anscheinend gute Kapseln mit etwa 3 ccm Samen. Von diesen keimten aber nur 81 Exemplare. Als sie junge Rosetten gebildet hatten, wurden ihre Chromosomen in den Wurzelspitzen gezählt. Die Zahlen wechselten zwischen 14 und 20, und zwar in folgender Weise:

Chromosomen in Nachkommenschaft von *Oen. mut. semigigas*.

Chromosomen . . .	14	15	16	17	18	19	20
Individuen	3	35	19	13	3	4	4

Es hatten also ungefähr die Hälfte unserer Pflanzen nur je ein verdoppeltes Chromosom. Daß dieses günstige Ergebnis der Schwäche der pleiosomen Keime, d. h. derjenigen mit 16—20 Kernstäben, zuzuschreiben war, ergab sich im Laufe der weiteren Entwicklung, weil diese für die betreffende Gruppe eine verhältnismäßig schwache war. Einige Pflanzen blieben Rosetten von Wurzelblättern, andere bildeten zu spät ihren Stengel aus und brachten es nicht zur Blüte. Noch andere hatten nur oder fast nur leere Antheren. Wir haben diese Gruppen gezählt und die Zahlen in Prozente umgerechnet; sie ergaben die folgende Übersicht:

Prozentische Verteilung der Chromosomzahlen.

	Anzahl der Chromosomen		
	14–15	16	17–20
Rosetten	0	33	67
Junge Stengel	22	22	56
Leere Antheren	31	46	23
Normale Pflanzen . . .	68	15	17

Die höheren Anzahlen von Chromosomen scheinen somit nachteilig zu sein für die Entwicklung, und es ist deshalb gestattet anzunehmen, daß es unter den im Samen gestorbenen Keimen verhältnismäßig viele mit höheren Zahlen gegeben hat.

Während des Sommers entfalteten die Pflanzen ihren Typus deutlich. Es ergaben sich im wesentlichen die obengenannten Formen, und zwar sowohl für die Exemplare mit je 15 Chromosomen, wie für die pleiosomen. Die Verteilung war die folgende:

Anzahl der Chromosomen der Mutationsformen aus *O. semigigas*.

Vorbilder	Anzahl der Chromosomen 14	15	16—20
lata	—	1	1
scintillans	—	2	8
oblonga	—	1	—
auricula	—	1	1
cana	—	10	8
candicans	—	—	1
pallescens	—	1	7
liquida	—	7	2
spathulata	—	4	7
hamata	—	2	—
pulla	—	5	5
Lamarckiana	3	1	2
Zusammen	3	35	42

Eine Pflanze war als junge Rosette gestorben (mit 17 Chromosomen). Die drei Pflanzen mit je 14 Chromosomen hatten ihre mutierten Faktoren offenbar alle bei der Reduktionsteilung verloren und waren deshalb zum ursprünglichen Typus zurückgekehrt. *O. mut. pulla* ist eine neue, der *O. gigas* äußerlich in vielen Punkten ähnliche Mutationsform. Rechnet man, aus anderswo angegebenen Gründen, von den seltenen Typen *oblonga* und *auricula* zu *scintillans*, *candicans* zu *cana* und *hamata* zu *spathulata*, so erübrigen sich sieben Haupttypen. In diesen ist stets wenigstens ein Chromosom verdoppelt. Es liegt auf der Hand, anzunehmen, daß dieses für jeden dieser Typen ein anderes sein muß, und daß somit die sieben Haupttypen unserer Tabelle den sieben Chromosomen des haploiden Kernes entsprechen.

Der anscheinend chaotische Formenreichtum der Nachkommenschaft von *Semigigas* löst sich hiermit in sehr befriedigender Weise auf und bestätigt die früher von uns ausgesprochene Ansicht in bezug auf die Verteilung der mutierenden Merkmale unter den einzelnen Chromosomen unserer Pflanze.

Die ausführliche Beschreibung unseres Versuches wird demnächst an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Literatur.

CLELAND, R. E. The reductiondivisions in the pollen mothercells of *Oenothera franciscana*. American Journ. of Botany 9, S. 391. 1922.

GATES, R. R. The trisomic mutations of *Oenothera*. Annals of Botany, Vol. 37, S. 543. 1923

SHULL, G. H. Further evidence of linkage with crossing over in *Oenothera*. Genetics, Vol. 8, S. 154. 1923

DE VRIES, HUGO. New dimorphic mutants of the Oenotheras. Bot. Gaz., T. 62, S. 249. 1916.

DE VRIES and K. BOEDYN. On the distribution of mutant characters among the chromosomes of *Oenothera Lamarckiana*. Genetics, Vol. 8, S. 233. 1923.

DE VRIES, HUGO. *Ueber Scheinbastarde. Die Naturwissenschaften, 1924. Heft 9.*

— —, —. *Mutationen und Prämutationen*, a. a. O., 1924, Heft 14.

Vorläufiges Programm für die Tagung der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1924 zu Berlin.

Mittwoch, den 6. August 1924.

8 Uhr abends: Begrüßung im Restaurant „Rheingold“, Berlin W, Potsdamer Str. 3.

Donnerstag, den 7. August 1924.

9 Uhr: Generalversammlung im Hörsaal des Pflanzenphysiologischen Instituts, Dahlem, Königin-Luise-Str. 1 (Straßenbahn-Linie 43, Untergrundbahnhof Breitenbach-Platz).
Tagesordnung gemäß §§ 15 u. 16 der Geschäftsordnung.

10 Uhr: Vorträge. (Bisher angemeldet H. GRADMANN-Erlangen, P. N. SCHÜRHOFF-Berlin-Dahlem).

1 Uhr: Mittagspause. Gelegenheit zum Essen in Dahlem, Alter Krug, Königin-Luise-Str. 52, Untergrundbahnhof Dahlem-Dorf.

3 Uhr: Fortsetzung der Vorträge. Nachher Besichtigung des Botanischen Gartens und Museums und des Pflanzenphysiologischen Instituts.

7½ Uhr: Zwanglose Zusammenkunft im Restaurant „Paulsborn“ am Grunewald-See.

Freitag, den 8. August 1924.

9 Uhr: Fortsetzung der Vorträge.
[Gleichzeitig Hauptversammlung der Vereinigung für angewandte Botanik im Hörsaal des Botanischen Museums, Dahlem, Königin-Luise-Str. 6—8.]

1 Uhr: Mittagspause.

3 Uhr: Besichtigungen des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Biologie (Dahlem, Boltzmannstr., Untergrundbahnhof Thielplatz); der Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Luft-Hygiene (Dahlem, Ehrenbergstr. 38—42); der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Dahlem, Königin-Luise-Str. 19).

8 Uhr (circa): Filmvorführung und zwanglose Zusammenkunft im Ratskeller Friedenau, Rheinstr. 1.

Sonnabend, den 9. August 1924.

[Vormittag: Sitzung der Vereinigung für angewandte Botanik.]

Nachmittag: Ausflug nach Potsdam. Park von Sanssouci. Fahrt nach Wannsee.

Sonntag, den 10. August 1924 und folgende Tage, bei genügender Beteiligung: Exkursion nach der Niederlausitz unter Führung von Professor Dr. P. GRAEBNER.

Von verwandten Veranstaltungen finden statt:

Vorher (3.—5. August): Versammlung der Freien Vereinigung für Pflanzengeographie und systematische Botanik in Stettin. Nähere Auskunft beim Botanischen Museum, Berlin-Dahlem, Königin-Luise-Str. 6—8.

Vorher und gleichzeitig (4.—9. August): Jahrestagung der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft in Münster.

Für die auswärtigen Mitglieder kann auf Wunsch **preiswerte Unterkunft** in Hotels und Privathäusern vermittelt werden. Jeder, der sich hierfür meldet, erhält eine Benachrichtigung über die erfolgte Bereitstellung. Es wird gebeten, Bestellungen spätestens bis zum 25. Juli an den Schatzmeister, Dr. E. TIEGS, Berlin-Steglitz, Bismarckstr. 66, zu richten.

Berliner Botaniker, die bereit sind, auswärtigen Mitgliedern, die unsere Generalversammlung besuchen, Privatquartier bei sich zur Verfügung zu stellen, werden gebeten, davon bis zum 15. Juli dem Schatzmeister Nachricht zu geben unter Angabe der Zahl der bereit gestellten Betten.

Mit Rücksicht auf die finanzielle Lage der Gesellschaft können Arbeiten nur von solchen Mitgliedern in die Berichte aufgenommen werden, die ihren Beitrag bezahlt haben; dies gilt besonders auch für neu aufgenommene Mitglieder. Arbeiten von Nichtmitgliedern können auch dann nicht berücksichtigt werden, wenn sie in Gemeinschaft mit einem Mitglied verfaßt sind.

Sitzung vom 30. Mai 1924.

Vorsitzender: Herr A. ZIMMERMANN.

Der Vorsitzende macht Mitteilung davon, daß unser Ehrenmitglied, Professor

Dr. **E. Warming,**

Mitglied der Königl. Akademie der Wissenschaften in **Kopenhagen,** am 2. April 1924 im Alter von 82 Jahren gestorben ist. Der Verblichene wurde auf der ersten Generalversammlung unserer Gesellschaft am 17. September 1883 zum korrespondierenden Mitglied ernannt und war seit dem Jahre 1891 Ehrenmitglied unserer Gesellschaft.

Außerdem hat die Gesellschaft den Tod zweier ordentlicher Mitglieder zu beklagen, der Herren

Dr. **Konstantin Puriewitsch,**

Professor an der Universität in **Kiew,** von dessen schon vor einer Reihe von Jahren erfolgtem Hinscheiden uns erst jetzt Nachricht zugekommen ist; und

Dr. **F. Buchholtz,**

Professor und Direktor des Botanischen Instituts und Gartens in **Dorpat,** der im März 1924 gestorben ist.

Die Anwesenden erheben sich zu Ehren der Verstorbenen von ihren Plätzen.

Als neue Mitglieder werden vorgeschlagen die Herren:

Baranow, P. A., Dozent der Botanik an der 1. Zentralasiatischen Universität (I. Sredneasiatsky universitet) in **Taschkent,** Turkestan (durch K. J. MEYER und H. PAUL);

Bloch, Robert, cand. phil. in **Charlottenburg 2,** Knesebeckstr. 83, *III*, (durch F. HERRIG und P. METZNER);

Börner, Dr. **Carl**, Oberregierungsrat und Mitglied der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft zu Berlin-Dahlem, Leiter der Zweigstelle **Naumburg a. S.**, Weißenfelser Str. 57 (durch R. SEELIGER und B. LEISERING).

Zu ordentlichen Mitgliedern werden ernannt:

Gehring, Dr. **Alfred**, Privatdozent in **Braunschweig**,
Lorbeer, **Gerhard**, cand. rer. nat. in **Würzburg**,
Tereg, Frl. **Elinor**, Studienassessor in **Hannover-Linden**.

Der Vorsitzende teilt mit, daß Dr. H. ZILLIG in Trier (*Zweigstelle der biologischen Reichsanstalt*) für eine Bearbeitung der deutschen Ustilagineen und Anlage einer Exsikkatensammlung um Zusendung von Material und Angabe von Fundorten unter Beilegung von Belegexemplaren bittet. Für die Exsikkatensammlung ist möglichst herbarmäßig zubereitetes Material erwünscht, das zum Belegen von 70 Kapseln der Größe 11,5×16,5 cm ausreicht. Den Einsendern werden auf Wunsch die Portokosten ersetzt. Als Gegenleistung stehen ihnen Herbarproben von Brandpilzen, die ihnen erwünscht sind, zur Verfügung. Dr. ZILLIG erteilt jederzeit nähere Auskunft.

Herr K. SNELL zeigte junge Kartoffelpflanzen vor, die unbeblättert waren und stolonenartige Seitentriebe entwickelt hatten. Durch eine Versuchsserie konnte wahrscheinlich gemacht werden, daß die Ursache dieser eigenartigen Gestaltung in einem zu geringen Feuchtigkeitsgehalt der Luft, in der die Pflanzen erwachsen waren, zu suchen sei.

Mitteilungen.

29. Julius Stoklasa: Über die Resorption der Ionen durch das Wurzelsystem der Pflanzen aus dem Boden.

(Eingegangen am 6. März 1924. Vorgetragen in der Aprilsitzung.)

Das Problem der Resorption schwerlöslicher Mineralstoffe aus dem Boden durch das Wurzelsystem der Pflanzen ist bis jetzt noch immer nicht gelöst. Die Forscher DYER, KUNZE, LEMMERMANN, PFEIFFER, KAPPEN etc., die sich an der Lösung dieses Problems beteiligten, haben die Anschauung ausgesprochen, die Resorption schwerlöslicher Mineralstoffe gehe in der Weise vor sich, daß die Pflanzenwurzel außer der Kohlensäure noch andere Säuren auszuscheiden vermag, welche wie die Kohlensäure schwerlösliche Mineralstoffe in aufnahmsfähige Form umwandeln.

STOKLASA, ABERSON und MITSCHERLICH dagegen behaupten, daß von dem Wurzelsystem bloß Kohlendioxyd ausgeschieden wird, und daß das Kohlendioxyd die Metamorphose der schwerlöslichen Mineralstoffe in wasserlösliche Formen hervorruft. Wir haben in der letzten Zeit neue, ausführliche Versuche angestellt, und ich teile die interessanten Resultate, die uns die Resorption der schwerlöslichen Mineralstoffe durch das Wurzelsystem der Pflanzen in ein ganz anderes Licht stellen, in Kürze mit.

Unsere Aufgabe war es, festzustellen:

I. Die Bestimmung der Azidität der Pflanzensäfte, ausgedrückt durch die Wasserstoffionenkonzentration in den Wurzelsystemen der Kulturpflanzen.

II. Die Menge des ausgeschiedenen Kohlendioxydes durch das Wurzelsystem der verschiedenen Kulturpflanzen.

III. Die Festsetzung der Quantitäten der Bakterien, die sich in der Erde der Rhizosphäre vorfinden.

IV. Die Atmungsintensität der Bakterien, die in der Rhizosphäre im Boden vorhanden sind.

V. Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration, ausgedrückt durch pH, in dem Boden der Rhizosphäre der einzelnen Kulturpflanzen.

Ich führe hier die Resultate aus zahlreichen Beobachtungen, und zwar in Durchschnittszahlen, die in der nachstehenden Tabelle vorhanden sind, an:

Pflanzenart	Konzentration der Wasserstoffionen in pH in dem Saft des Wurzelsystems der einzelnen Pflanzen	Die Menge des ausgeschiedenen Kohlendioxydes, das binnen 24 Stunden von 1 g (berechnet auf Trockensubstanz) des Wurzelsystems ausgeatmet wird in mg	Anzahl der vegetativen Keime der Bakterien in 1 g Boden der Rhizosphäre (auf Trockensubstanz berechnet) Millionen	Die ausgeschiedene Menge von Kohlendioxyd, die von 1 kg Boden (auf Trockensubstanz berechnet) binnen 24 Stunden bei 20° C und einem Feuchtigkeitsgehalt von 25% produziert wurde in mg	Die Bestimmung der Wasserstoffionen-Konzentration, ausgedrückt durch pH, in dem Boden der Rhizosphäre der einzelnen Kulturpflanzen
Zea Mais	6.4	125.5	62	70.6	6.52
Triticum vulgare	6.9	74.6	49	69.4	6.73
Secale cereale	6.8	110.8	42	68.2	6.44
Hordeum distichum . . .	6.9	70.5	51	61.3	6.59
Avena sativa	6.6	118.9	45	59.0	6.42
Beta vulgaris	6.4	130.6	78	74.3	6.89
Solanum tuberosum . . .	7.0	82.3	46	58.5	6.50
Medicago sativa	6.8	160.5	120	86.8	6.89
Trifolium pratense . . .	6.6	146.8	98	82.4	6.66
Polygonum fagopyrum .	6.2	128.0	63	78.7	—

Daß die Konzentration der Wasserstoffionen in pH in dem Saft des Wurzelsystems der einzelnen Kulturpflanzen nicht variiert, sehen wir aus den erhaltenen Daten, die wir nicht nur bei Anwendung der kolorimetrischen Methode, sondern auch bei der modifizierten Methode nach MICHAELIS erzielt haben. Es wurden die Wasserstoffelektroden angewendet und mit dem Kapillarelektrometer gemessen. Unsere Resultate stimmen natürlich nicht mit den erhaltenen Zahlen anderer Forscher überein, die einen starken Aziditätswert des Saftes bei den Leguminosen, weiter bei *Polygonum fagopyrum* und bei *Zea Mais* gefunden haben. Es ist der pH-Gehalt bei *Polygonum fagopyrum* etwas, und zwar auf 6,2, und bei *Zea Mais* auf 6,4 gesunken, aber trotzdem sind die Zahlen bedeutend höher, als viele Forscher, bei denen sich der pH-Gehalt zwischen 4 und 5 bewegt, angeben. Aus unseren Messungen folgt also, daß der Aziditätswert des Wurzelsystems nicht so sauer ist, daß durch diese Azidität eine Resorption der

mineralischen Bestandteile in vollem Maße im Boden stattfinden kann. Namentlich bei den Halmfrüchten und Kartoffeln erreicht die Wasserstoffionenkonzentration fast den Neutralpunkt. Diese Aziditätswerte findet man immer, wenn das Wurzelsystem der Pflanzen sich im Boden, wo die normale Atmung vor sich geht, vorfindet. In solchen Böden, wo die Luftkapazität bei Mangel an Sauerstoff sinkt, und zwar, wenn die Atmosphäre bloß 8—10 % Sauerstoff enthält, findet man im Wurzelsystem eine Steigerung der Aziditätswerte; so findet man z. B. bei der Luzerne einen pH-Gehalt von 5,6.

Wenn wir die Aziditätsmessungen mit der Menge des von dem Wurzelsystem der einzelnen Kulturpflanzen ausgeschiedenen Kohlendioxydes vergleichen, so sehen wir keine Harmonie zwischen den Wasserstoffionenkonzentrationen und den durch das Wurzelsystem der einzelnen Pflanzen ausgeschiedenen Mengen des Kohlendioxydes.

Schon im Jahre 1908 sowie in meinen späteren Arbeiten[1]) habe ich auf Grund meiner zahlreichen Studien darauf aufmerksam gemacht, daß bei der Sauerstoffatmung von dem Wurzelsystem nur Kohlendioxyd ausgeschieden wird, eine andere freie organische Säure sich jedoch in den Wurzelsekreten *nicht* vorfindet. Wenn bei der Atmung des Wurzelsystems die Oxydationsprozesse wegen Mangels an Sauerstoff nicht in voller Energie vor sich gehen können, ist in den Wurzelausscheidungen gewisser Pflanzenarten Milch-, Essig-, Ameisen- und Oxalsäure nachzuweisen.

Wir haben mit Dr. KOCHMANN und Dr. DVOŘÁK ganz neue, exakte Atmungsversuche ausgeführt, und zwar bei voller Abwesenheit der Bakterien, und hierbei wurden unsere früheren Versuche vollständig bestätigt, so daß wir behaupten können, daß das produzierte Kohlendioxyd nur der physiologischen Verbrennung im Organismus seinen Ursprung verdankt.

Die Menge des Kohlendioxyds, die binnen 24 Stunden von 1 Gramm des Wurzelsystems (auf Trockensubstanz berechnet) ausgeatmet wird, ist entschieden am größten bei den Futterpflanzen, und zwar bei der Luzerne und dem Rotklee. Auch

---

1) JULIUS STOKLASA und ADOLF ERNEST: Beitrag zur Lösung der Frage der chem. Natur des Wurzelsekretes. Jahrbücher f. wissenschaftliche Botanik, Bd. XLVI, Heft 1, Leipzig 1908.

JULES STOKLASA: Sur la respiration des racines, Comptes rendus des séances de l'Academie des Sciences, Paris 1922.

JULIUS STOKLASA u. J. KOCHMANN: *Biochemie dýchání kořání.* Praha 1910.

In diesen 3 Arbeiten ist die ganze Versuchsmethodik beschrieben.

das Wurzelsystem von Buchweizen und Rübe zeichnet sich durch eine *intensive Atmungspotenz* aus. Von den Cerealien wurde die größte Atmungspotenz bei Mais und Hafer konstatiert. Die kleinste Intensität der Atmung wurde bei Gerste und Weizen gefunden. Die mit der größten Sorgfalt ausgeführten vergleichenden Versuche bezüglich der spezifischen Atmungsenergie des Wurzelsystems der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter zeigen uns, daß sie eine verschiedene Atmungsenergie aufzuweisen haben. Die Ursache der verschiedenen Mechanik der physiologischen Verbrennung liegt wahrscheinlich darin, daß bei unseren Versuchspflanzen Unterschiede in der Konstitution ihres Cytoplasmas und Karyoplasmas vorhanden sind.

Wir können jedenfalls annehmen, daß diese Pflanzen eine ungleiche Natur der lebenden Eiweißmoleküle des Protoplasmas zeigen. Welche Bedeutung die spezifische Atmungsenergie des Wurzelsystems für den Bau- und Betriebsstoffwechsel unserer Kulturpflanzen in dem Haushalte der Natur hat, beweist uns der Verlauf der Mechanik der Nährstoffaufnahme bei Vegetationsversuchen in pulverisierten Mineralien und Gesteinen.

Unsere langjährigen Atmungs- und Vegetationsversuche, die ich ausgeführt habe, stimmen mit der Praxis dort vollkommen überein, wo es sich um die Ausnützung der schwerlöslichen Phosphate und Kalisilikate handelt. Wir haben Vegetationsversuche mit gemahlenem Basalt, Gneis, Gafsaphosphat und mit Phonolith bei vollständigem Ausschluß der organischen Substanzen und der Bakterien ausgeführt. Es wurde bloß mit *Ammoniumnitrat*, Ammoniumsulfat und Ammoniumchlorid gedüngt. Bei diesen Vegetationsversuchen, wo es möglich war, die Mitwirkung der Bakterien vollständig auszuschließen, wurde in der Tat gefunden, daß bei allen Halmfrüchten eine verhältnismäßig kleinere Absorption von Phosphationen sowie von Kaliionen stattgefunden hat. Eine Ausnahme konnten wir bei Mais konstatieren.

Den besten Beweis für *die Mitwirkung der Bakterien im* Boden bei der Resorption der einzelnen Ionen haben wir dadurch erbracht, daß wir ein Gemisch von Gafsaphosphat, Phonolith und reinem Sand herstellten und dann mit abbaufähigen, organischen Substanzen versetzten. Es wurde nachstehende Methode angewendet: 20% Gafsaphosphat und 20% Phonolith wurden mit 50% reinem Sand und 10% hydrolysiertem Torf gemischt, dann sterilisiert, mit den aktiven Bakterien aus der Rhizosphäre der einzelnen Pflanzen geimpft und dann mit gleichen Kultur-

pflanzen bebaut. Es wurde dann pro Vegetationsgefäß 2 Gramm Stickstoff in Form von Ammoniumnitrat angewendet. Der Ertrag hat sich schon im ersten Jahre um 18 bis 27 %, im zweiten Jahre um 32 bis 48 % und im dritten Jahre sogar um 53 bis 61 % erhöht. Die Kontrollversuche wurden in derselben Weise ausgeführt, nur mit dem Unterschiede, daß die einzelnen Vegetationsgefäße mit den aktiven Bakterien nicht geimpft wurden, sondern das Gemisch von Gafsaphosphat, Phonolith, Sand und Torf sterilisiert und mit sterilem Wasser begossen wurde.

Die ungleichen, physiologischen Arbeitsleistungen der chlorophyllhaltigen Zellen des Weizens, der Gerste, des Roggens und Hafers sind recht bemerkenswert. Bei *Zea Mais* ist die Arbeitsleistung der chlorophyllhaltigen Zelle besonders groß. Immer aber wurde bei allen Cerealien mehr Phosphationen aus dem Nährboden resorbiert als Kali-, Calcium- und Magnesiumionen.

Bei der Zuckerrübe und den Kartoffeln war eine starke Energie der Resorption der Nährstoffe zu beobachten, und zwar eine viel größere als bei den Cerealien. Die Zuckerrüben und Kartoffeln besitzen eine starke Absorption, namentlich für Kali-, Calcium- und Magnesiumionen, eine schwächere Absorption aber für das Phosphation. Bei den Leguminosen ist ebenfalls eine größere Ausnützung des Kali-, Calcium- und Magnesiumions zu beobachten. Aber das Wurzelsystem der Leguminosen ist auch imstande, von den Phosphationen größere Mengen zu absorbieren. Das Wurzelsystem von Buchweizen hat die Fähigkeit, mehr Phosphationen zu absorbieren als Kaliionen.

Unsere Experimente scheinen uns zu beweisen, daß die Gramineen eine größere Potenz besitzen Anionen zu absorbieren als Kationen. Andererseits sehen wir bei der Rübe und den Kartoffeln, daß das Wurzelsystem dieser Pflanzen die Fähigkeit besitzt, mehr Kationen zu absorbieren als Anionen. Bei den Leguminosen sehen wir eine individuelle Befähigung, sich Kationen und Anionen in derselben Weise anzueignen. **Diese charakteristische, individuelle Eigenschaft bei den Wurzelsystemen der Kulturpflanzen, sich entweder Anionen oder Kationen leicht anzueignen, ist ein fundamentaler biologischer Faktor der ganzen Theorie und Praxis der Fruchtfolge.**

Wie aus dem Vorstehenden ersichtlich, liegt es doch klar auf der Hand, daß derartige Verschiedenheiten in der Atmungsintensität des Wurzelsystems für den Verlauf der Nährstoffaufnahme der einzelnen Kulturpflanzen von eminenter Bedeutung sind. Nicht allein

das vom Wurzelsystem ausgeschiedene Kohlendioxyd kann bei der Aufnahmefähigkeit der Nährstoffe in verschiedenartigen Bodenregionen in der freien Natur als aktiv bezeichnet werden. In einem gut bearbeiteten Ackerboden, bei Anwesenheit von organischen Substanzen, wie namentlich Hemizellulosen und Pentosanen, müssen wir immer die Bakterien in Betracht ziehen, welche auch eine größere Menge Kohlendioxyd und organische Säuren, so z. B. Essig-, Butter- und Ameisensäure, ausscheiden, wodurch die unlöslichen Phosphate, Silikate usw. in Lösung übergeführt werden. Die seitens der Bakterien stattfindende Ausscheidung des Kohlendioxydes und der organischen Säuren kommt speziell in den Sommermonaten zur vollen Geltung.

Wenn wir die Anzahl der vegetativen Keime der Bakterien, die sich im Boden der Rhizosphäre vorfinden, berücksichtigen, so können wir beobachten, daß die größte Menge der vegetativen Bakterien sich in der Rhizosphäre von *Medicago sativa* und *Trifolium pratense* vorfinden. Dann kommt *Beta vulgaris* mit 78 Mill., dann *Polygonum fagopyrum* mit 73 Mill. und *Zea Mais* mit 61 Mill. Bei der Kartoffel finden sich 43 Mill., bei Weizen, Roggen, Gerste und Hafer schwankt die Anzahl der vegetativen Keime von 45 bis 51 Mill. pro 1 g Boden der Rhizosphäre, auf Trockensubstanz berechnet.

Es ist gewiß von großer Bedeutung, daß die Absorptionsfläche des Bodens, welche in der Rhizosphäre der verschiedenen Kulturpflanzen vorhanden ist, eine ungleiche Anzahl vegetativer Bakterienkeime mit verschiedener Atmungsintensität besitzt, obzwar alle Kulturpflanzen auf demselben Areal und in einem Boden von denselben physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften kultiviert worden sind.

Die Atmungsintensität der auto- und heterotrophen Mikroorganismen aus 1 kg Boden mit 25 % Wasser in 24 Stunden bei 20 ° C in der Aerobiose steht in einem gewissen Zusammenhange mit der Anzahl der im Boden vorhandenen Bakterien. Durch diese Methode, wenn sie ganz exakt ausgeführt wird, können wir gute, brauchbare, vergleichende Resultate bekommen[1]). In der Intensität der Atmung der Mikroorganismen im Boden sind auffallende Verschiedenheiten zu bemerken. Die größte Intensität

1) JULIUS STOKLASA: **Methoden zur biochemischen Untersuchung des Bodens. Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, Band V. Berlin-Wien 1911 Jetzt erscheint eine neue Auflage und eine selbständige Publikation.**

der Atmung der Mikroorganismen im Boden ist bei *Medicago sativa*, *Trifolium pratense*, *Polygonum fagopyrum* und *Beta vulgaris* konstatiert worden, und zwar bei *Medicago sativa* 86.8 mg, bei *Trifolium pratense* 82.4 mg, bei *Polygonum fagopyrum* 78.7 mg, bei *Beta vulgaris* 74.3 mg. Bei den Halmfrüchten bewegt sich die Intensität von 59.0 mg bei *Avena sativa* bis 70.6 mg bei *Zea Mais*.

In der Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration, ausgedrückt durch pH, in dem Boden der Rhizosphäre der einzelnen Kulturpflanzen sind keine Verschiedenheiten zu konstatieren. Der Wasserstoffexponent pH bewegt sich zwischen 6.50 (bei *Solanum tuberosum*) bis [illegible] (bei *Trifolium pratense*).

Was für eine Aufgabe die Bakterien bei der Resorption der biogenen Elemente in der Rhizosphäre der einzelnen Pflanzen haben, ist bis jetzt noch nicht aufgeklärt. Man kann aber annehmen, daß die Bodenorganismen in der Rhizosphäre eine große Rolle bei der Resorption der einzelnen biogenen Elemente spielen. Wir können einen Zusammenhang zwischen den Kohlendioxydausscheidungen der Wurzelsysteme der Pflanzen und der Mitwirkung der Bakterien der Rhizosphäre, bei einer besseren Ausnützungsfähigkeit der Bodenbestandteile, vermuten. Wenn wir die ganze Mechanik der Nährstoffaufnahme verfolgen, z. B. bei den Cerealien, so hat die Atmungsintensität des Wurzelsystems nicht eine genügend große Potenz, sich die nötigen Anionen anzueignen. Bei dem Aufschließungsvorgange der Phosphate bildet sich immer Calciumkarbonat, eventuell Calciumbikarbonat, welches die Resorption der Phosphorsäure unterdrückt. Durch die Stoffwechselprozesse der Bakterien entstandene organische Säuren neutralisieren die Karbonate im Boden, und mit ihrem Kohlendioxyd wird die Aufschließung der Phosphate unterstützt. Bei der Zuckerrübe, den Kartoffeln und den Leguminosen wird die Aufschließung der Silikate sehr gefördert und werden die gebildeten Kalium-, Calcium- und Magnesiumkarbonate in Bikarbonate verwandelt, in welcher Form sie dann leicht von dem Wurzelsystem resorbiert werden können.

In allen Stadien, wo sich das Wurzelsystem zur Erfüllung der Nahrungsaufnahme wenig geeignet zeigt, helfen die Bakterien, daß die einzelnen Ionen resorbiert werden können. Aber auch in dem Stadium der Entwicklung der Wurzelhaare, wo die eigentliche Resorptionsperiode beginnt, arbeiten die Bakterien, daß die Ionen in aufnahmefähigen Zustand übergeführt werden. Die einzelnen Pflanzenindividuen nehmen durch ihr Wurzelsystem die

mineralischen Nährstoffe nicht wahllos auf, sondern sie lassen ein quantitatives Wahlvermögen erkennen, in welchem sich ihre spezifisch physiologischen Eigenschaften äußern. *Die Wurzelzellen nehmen von den im umgebenden Medium gelösten Ionen nicht alle in gleichen Verhältnissen auf, sondern erweisen sich für die einen in höherem, für die anderen in geringerem Grade durchlässig.* Und so sind die Wurzelzellen schon von vornherein imstande, den Eintritt gewisser Mineralbestandteile zeitweise völlig auszuschließen. Wir müssen als selbstverständlich betrachten, daß die Mineralbestandteile in gelöstem Zustande die Außenmembranen der Pflanze durchwandern, da diese ja für feste Körper nicht permeabel sind. Die Zellen des Wurzelsystems können also in dem gleichartigen Nährboden an Qualität und Quantität verschiedene Ionen resorbieren[1].

Diese Resorption der einzelnen Ionen aus den schwerlöslichen Mineralstoffen wird durch das ausgeschiedene Kohlendioxyd des Wurzelsystems der Pflanzen sowie durch ausgeschiedenes Kohlendioxyd und organische Säuren der Bakterien hervorgerufen. Das Problem der ungleichen Arbeitsleistung unserer Kulturpflanzen kommt namentlich bei allen Pflanzen, welche die größten Mengen der Pflanzenmasse in einer gewissen Vegetationszeit produzieren, in prägnanter Weise zur Geltung. Alle Kulturpflanzen, die in einer bestimmten Vegetationszeit die größte Quantität Kalorien bilden, haben auch eine größere Potenz in der Atmungsintensität ihres Wurzelsystems. Diese Resorption der mineralischen Nährstoffe aus dem Boden steht in einem gewissen Zusammenhange mit der Kohlensäureassimilation aus der Luft. Die ganze Assimilation des Kohlendioxydes aus der Luft und die Resorption der mineralischen Nährstoffe aus dem Boden, also die ganze Arbeitsleistung der Pflanze hängt natürlich von den klimatischen Vegetationsfaktoren ab.

Die Resorption der mineralischen Nährstoffe aus dem Boden steht in einem gewissen Verhältnisse zum Aufbau und Umbau der Kohlenhydrate, Fette, Phosphatide, Nucleoproteide, Eiweißstoffe und anderen organischen Verbindungen.

---

1) JUL. STOKLASA: Über die Verbreitung des Aluminiums in der Natur und seine Bedeutung beim Bau- und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen. Verlag von GUSTAV FISCHER, Jena 1922.

Derselbe: Beiträge zur Kenntnis der Ernährung der Zuckerrübe. Physiologische Bedeutung des Kalium-Ions im Organismus der Zuckerrübe. Verlag von GUSTAV FISCHER, Jena 1916.

Es existieren im ganzen Mechanismus des Aufbaues der neuen lebenden Pflanzenmasse mathematische Gesetze zwischen der Assimilation des Kohlenstoffes aus der Luft und der Resorption der mineralischen Bestandteile des Bodens.

---

30. H. Klebahn: Fabraea fragariae, die Schlauchfruchtform der Marssonina fragariae.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 16. März 1924. Vorgetragen in der Aprilsitzung.)

Mit *Marssonina fragariae* Sacc. habe ich mich bereits in meinem Buche „Haupt- und Nebenfruchtformen der Askomyceten" beschäftigt (S. 288). Ich hatte auf den Stielen von Erdbeerblättern eine neue *Gnomonia*, *Gn. fragariae*, gefunden und auf denselben Pflanzen auch Konidien, die denen der *Marssonina* entsprachen. Bei den bekannten Beziehungen zwischen *Gnomonia leptostyla* und *Marssonina juglandis* lag die Frage nahe, ob die beiden Erdbeerpilze zusammengehören. Impfversuche und das Verhalten bei der Kultur führten aber zu dem bestimmten Schluß, daß sie völlig verschieden sind und nicht miteinander in Zusammenhang stehen können. Die *Marssonina* ist ein Parasit, die *Gnomonia* lebt saprophytisch und bildet höchstwahrscheinlich überhaupt keine Konidien.

In einer Besprechung, die im wesentlichen auf eine Umtaufe fast aller in meiner Arbeit behandelten Pilze hinausläuft, bezweifelt F. V. HÖHNEL (Hedw. LXIII, 1920, 50) die Richtigkeit meiner Folgerungen. Es sind die immer wiederkehrenden Einwände der Herbarmykologen gegen die Zulässigkeit von Schlüssen aus Kulturversuchen mit negativem Ergebnis. Bei seinen eigenen Schlüssen ist V. HÖHNEL weniger kritisch. Daß *Marssonina fragariae* morphologisch *Marssonina juglandis*, der Konidienform der *Gnomonia leptostyla*, sehr ähnlich ist, genügt ihm, entgegen meinen bestimmten Angaben, und obgleich ich an mehr als einer Stelle auf das Bedenkliche solcher Schlüsse hingewiesen habe, anzunehmen, daß *Marssonina fragariae* zu einer *Gnomonia*, und zwar gerade zu jener saprophytischen *Gn. fragariae* gehöre. V. HÖHNELs Kombination ist falsch.

Bei der weiteren Beschäftigung mit dem Pilze fand ich ihn auch auf der Blattspreite, wo er rotbraune Flecken hervorruft, die sich von den bekannten Flecken der *Mycosphaerella fragariae* durch ihre unbestimmte Gestalt und Größe und namentlich dadurch unterscheiden, daß die weiße Mitte fehlt. Ich konnte dadurch feststellen, daß in der Tat *Marssonina fragariae* vorlag, was mir seinerzeit noch zweifelhaft geblieben war.

Inzwischen ist es mir gelungen, die Schlauchfruchtform zu finden. Im Herbst 1918 hatte ich Erdbeerblätter, auf denen sich außer Flecken der *Mycosphaerella fragariae* auch solche der *Marssonina fragariae* befanden, zum Überwintern ausgelegt. Mitte Mai 1919 waren auf einem Teil der Blätter in spärlicher Zahl kleine *Peziza*-artige Fruchtkörper mit zweizelligen Sporen vorhanden, die als eine *Fabraea* angesprochen werden mußten. Sie mögen als *Fabraea fragariae* bezeichnet werden. Geeignete kleine Blattstückchen wurden zum Sporenschleudern ausgelegt und die Sporen in den Agartropfen der von mir gewöhnlich für die Gewinnung von Pilzreinkulturen verwendeten und wiederholt beschriebenen feuchten Kammern aufgefangen (15. Mai). Es ergab sich, daß nur wenige Sporen der *Fabraea*, einige der *Mycosphaerella fragariae*, die meisten aber einer Form der auf Erdbeeren vielleicht noch nicht beobachteten *Mycosphaerella punctiformis* angehörten. Dies zeigte sich namentlich bei der Keimung. Die beiden *Mycosphaerella*-Sporenarten keimten rasch und kräftig, die Mycelien bildeten nach wenig Tagen Konidien (22. Mai). Die *Fabraea*-Sporen keimten erheblich später, die Keimschläuche wuchsen langsam. Um sie vor der Überwucherung durch die beiden anderen Pilze zu schützen, mußten sie herauspräpariert und in neue feuchte Kammern übertragen werden. Es gelang durch dieses Verfahren, nicht ohne einige Mühe, die drei Pilze zu trennen.

Die Keimung der Askosporen erfolgte nach reichlichem Anschwellen durch Keimschläuche, die teils am Ende, teils nahe der Querwand hervortraten (Fig. 3 und 4). Das Mycel breitete sich langsam strahlig aus und blieb anfangs steril. Einzelne Zellen und besonders die Endzellen der Fäden zeigten eigentümliche Anschwellungen, die etwas abnorm erschienen und vielleicht eine Folge der nicht naturgemäßen Verhältnisse des Nährbodens waren (Fig. 5 und 6). Nach 2—3 Wochen begann dann aber eine reichliche Konidienbildung. Die Konidien saßen ohne Stielzelle seitlich an den Mycelfäden, oft in kleinen Gruppen benachbart (Fig. 7 bis 9). Sie hatten die unverkennbare Gestalt der Konidien der *Marssonina fragariae* und auch deren Größe (13—16 : 5,5—6,5 μ).

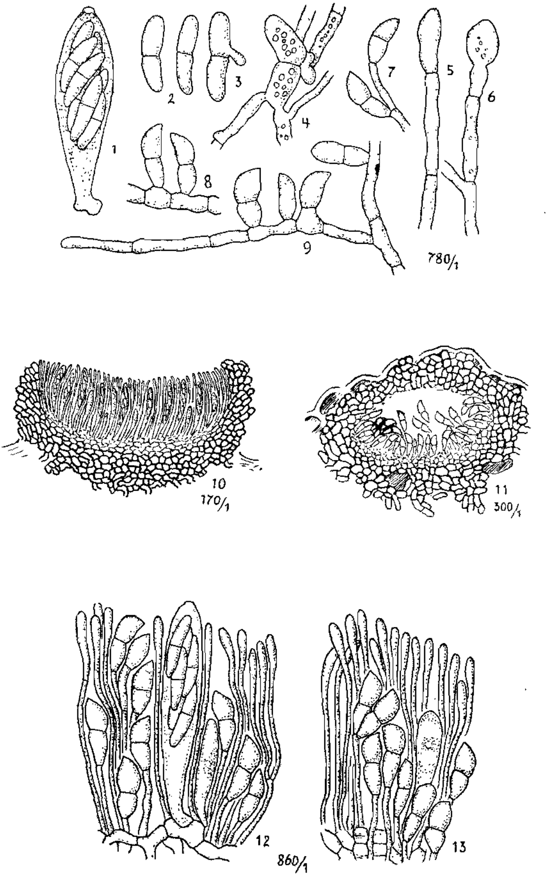


Abbildung. (Erklärung im Text.)

Es kann hiernach kein Zweifel sein, daß die gefundenen Apothecien die bisher unbekannte Schlauchfruchtform der Marssonina fragariae sind.

Auf größeren Agarmengen in Reagenzgläschen kamen die Kulturen bis zum Januar des folgenden Jahres nicht über ½ cm Durchmesser hinaus. Die anfangs weißliche Farbe ging in der Mitte, die sich etwas kegelförmig erhob, in Braun über. Hier bildeten sich kleine Höcker, aus denen massenhafte Konidien in Form von Tröpfchen hervorquollen. Das gesamte Verhalten erinnert lebhaft an das der Kulturen der von mir untersuchten Arten von *Pseudopeziza* und *Entomopeziza* (Ztschr. f. Pflanzenkr. XVI, 1906, 67; Haupt- und Nebenfruchtformen S. 317 ff.). Übertragung auf sterile Erdbeerblätter führte auch auf diesen zur Bildung zahlreicher Konidientropfen; die weitere Beobachtung wurde hier aber durch eingedrungene Schimmelpilze gestört.

Im Herbst 1919 überwinterte ich abermals mit *Marssonina* behaftete Erdbeerblätter, dieses Mal eine sehr reichliche Menge. Trotzdem fanden sich im Frühjahr 1920 nur spärliche Apothecien. Zu Impfversuchen reichten diese nicht aus; sie genügten gerade, um sie für die mikroskopische Untersuchung in Paraffin einzubetten. In den folgenden Jahren war der Erfolg noch weniger günstig.

Lebend erscheinen die Apothecien auf den feuchtgehaltenen überwinterten Blättern als winzige graue Höckerchen. Mikrotomschnitte zeigen sie zum Teil, wohl in jüngeren Zuständen, fast kugelig, 130—170 μ breit, 120—150 μ hoch. Später breiten sie sich mehr scheibenförmig aus, erreichen bis 270 μ Breite bei 150 μ Höhe und sitzen mit flachem, nicht in einen Stiel verschmälertem Grunde ein wenig eingesenkt dem Blatte auf (Fig. 10). Das Gewebe besteht aus drei Schichten. Die äußere, 25—40 μ dick, wird von einem derb- und braunwandigen Pseudoparenchym gebildet, dessen Zellen 6—11 μ weit sind. Sie umschließt die jüngeren kugeligen Apothecien fast ganz, so daß sie Perithecien ähneln, die älteren ausgebreiteten unten und ringsherum bis zur Höhe der Oberfläche. Die zweite Schicht ist kleinzellig, dünnwandig und hell, nur 10—20 μ dick. Sie geht am Saume in eine dünne Lage paraphysenartiger Fäden über, die hier die äußere Schicht von der dritten trennen. Diese ist das Hymenium. Die Schläuche sind 48—54 μ lang, 12—15 μ dick, verlängert eiförmig oder keulenförmig, mit stumpfem Fußansatz versehen, oben etwas verjüngt und in eine kurze Papille ausgezogen (Fig. 1). Sie enthalten 8 etwas schräg zur Achse oder undeutlich zweireihig angeordnete, längliche,

schwach gekrümmte oder etwas unsymmetrische, beidendig stumpfe, durch eine in der Mitte liegende, nicht immer deutliche Querwand zweizellige, an der Querwand nicht oder kaum eingeschnürte Sporen, die im Schlauch gemessen 16—18 : 4—4,5, befreit 20—23 : 4—4,5 μ groß sind (Fig. 2). Zwischen den Schläuchen finden sich Paraphysen, die sie etwas überragen und 3—4 μ dick, an der Spitze keulenförmig angeschwollen und etwas dicker sind, etwa 5 μ.

Beim Zerdrücken frischer, äußerlich gereinigter Apothecien fiel es auf, daß außer den Schläuchen, Sporen und Paraphysen mitunter auch Konidien vorhanden waren, die in Gestalt und Größe den *Marssonina*-Konidien glichen (12—19 : 4,5—5,5 μ). Sie saßen endständig oder seitenständig an Fäden, die den Paraphysen ähnlich waren. Es konnte so nicht entschieden werden, ob sie zu den Apothecien in Beziehung stehen; bei Infektionsversuchen hätten sie das Ergebnis stören und unsicher machen können. Mikrotomschnitte gaben eine überraschende Aufklärung. Ein Teil der Apothecien zeigte das gewöhnliche Bild; sie enthielten nur Schläuche mit Sporen, dazwischen die Paraphysen. Es waren die jüngeren noch mehr oder weniger kugelförmigen Apothecien und einige der älteren ausgebreiteten. In andern Apothecien aber, und zwar ausschließlich in älteren, ausgebreiteten, waren zwischen den Paraphysen, an Stelle von Schläuchen, einzeln oder in kleinen Gruppen an fadenförmigen Stielen, unverkennbare *Marssonina*-Konidien vorhanden (Fig. 12 und 13). Die Schläuche traten so zurück, daß sie in einigen Fällen nur mit Mühe aufzufinden waren. Durch die Größe dieser Konidien im Verhältnis zum Hymenium und durch ihre bedeutende Anzahl erschienen diese Apothecien sehr auffällig und machten fast den Eindruck einer neuen, apothecienähnlichen Konidienfrucht. Ihr Bau und das Vorhandensein von Schläuchen neben den Konidien lassen aber keinen Zweifel, daß es sich um echte Apothecien handelt. Ich möchte annehmen, daß die Schlauchbildung und Sporenbildung in ihnen von einem gewissen Zeitpunkte an aufhört und durch Konidienbildung ersetzt wird. Wenn das richtig ist, muß es Zustände geben, in denen noch zahlreiche Schläuche und nur wenige Konidien vorhanden sind. Daß ich solche nicht gefunden habe, kann daran liegen, daß mir nur spärliches Material zu Gebote stand.

Das sonderbare Zusammenvorkommen von Konidien und Sporenschläuchen in denselben Apothecien liefert einen neuen und ganz unmittelbaren Beweis für die Zusammengehörigkeit der beiden Fruchtformen.

Einige Angaben in der Literatur lassen annehmen, daß die vorliegende Erscheinung nicht ganz allein steht. Besonders bemerkenswert ist die durch eine Abbildung erläuterte Mitteilung TULASNEs (Carpologia III, S. 174; Taf. XVIII, Fig. 19) über Konidien in den Apothecien von *Heterosphaeria patella*. Verwiesen sei ferner auf FUCKEL (Symbolae S. 286), BERKELEY (nach TULASNE, Ann. sc. nat. 3, XX, 1853, S. 142 und REHM in RABENHORST, Krypt.-Flora III, S. 271), sowie auf V. HÖHNEL (Fragm. 465, Sitzungsb. Akad. Wien CXVIII, 1909, S. 1539).

Die *Marssonina*-Konidien in den Apothecien sind nicht die einzigen auf den überwinterten Erdbeerblättern. Es finden sich auch echte Konidienlager, die den „Winter-Konidienlagern“, die ich für *Entomopeziza Soraueri* und *Pseudopeziza ribis* beschrieben habe (Haupt- und Nebenfr. S. 326 und 372), entsprechen. Es sind rundliche Fruchtkörper, die im Blattgewebe, von der Außenwand der Epidermis bedeckt, entstehen, 110—160 μ breit, 70—110 μ hoch, von einem unregelmäßigen, 25—30 μ dicken Gehäuse umgeben, das aus einem derb- und braunwandigen Pseudoparenchym besteht, ähnlich der äußeren Gehäuseschicht der Apothecien. Sie reißen oben auf und lassen die Konidien frei werden, die von den unteren Teilen der Innenwand entspringen und den Konidien von *Marssonina fragariae* genau entsprechen (Fig. 11). Diese Winter-Konidienlager sind erheblich zahlreicher als die Apothecien und scheinen regelmäßiger und leichter gebildet zu werden als diese, denn von überwinterten Blättern, die im Herbst *Marssonina* getragen haben, gelingt es im Frühjahr fast immer, Konidien abzuspülen.

Nach den vorliegenden Beobachtungen macht *Fabraea fragariae* den Eindruck eines Pilzes, der im Begriff steht, die Schlauchfruchtbildung zugunsten der Konidienbildung aufzugeben. Selbst die ausgebildeten Apothecien vermögen noch nachträglich in eine Art Konidienfrucht überzugehen. Die Erhaltung des Pilzes ist offenbar durch die Konidien allein genügend gesichert. Es liegt nahe, an die *Fungi imperfecti* zu denken. Vielleicht sind manche von ihnen durch Verlust der Schlauchfrüchte entstanden.

Zum Schluß noch ein paar Bemerkungen über die beiden anderen Pilze, die gleichzeitig mit der *Fabraea* auf den Erdbeerblättern vorhanden waren. Schon die Sporen sind bei aufmerksamer Betrachtung unterscheidbar. Die der *Fabraea* sind größer, schwach gekrümmt und fast gar nicht eingeschnürt, die der beiden *Mycosphaerella* Arten sind voneinander nur in der Größe etwas verschieden, der Gestalt nach aber sehr ähnlich, beide merklich ein-

geschnürt und symmetrisch gebaut. Die Mycelien der beiden *Mycosphaerella*-Arten sind durch die kettenförmig gebildeten Konidien von dem *Fabraea*-Mycel unterscheidbar. Auch voneinander sind sie in bemerkenswerter Weise verschieden; die Konidien der *M. fragariae* sind dünner und meist länger, im ganzen also schlanker, 8—17 : 1¾—2 μ, die der *M. punctiformis* kürzer und dicker, 6—12 : 3—4 μ, und die ganzen Konidienstände erscheinen dadurch bei *M. punctiformis* kürzer und gedrungener. Im übrigen habe ich dem, was ich in den „Haupt- und Nebenfruchtformen der Askomyceten" (S. 118 und 102) über *M. fragariae* und *M. punctiformis* mitgeteilt habe, nichts wesentliches hinzuzufügen. Die Frage, wie sich die Erdbeerform der *M. punctiformis* zu den auf Linde, Eiche usw. beobachteten verhält, muß einstweilen offenbleiben.

Nach Abschluß des Vorliegenden wurde mir bekannt, daß bereits VOGES (Z. f. Gärungsphysiologie II, 1913, 35) die Winterkonidienlager beobachtet hat. Es wird noch zu prüfen sein, ob die „offenen" Sommerlager sich in die „geschlossenen" Winterlager umwandeln, wie VOGES zuerst meint, oder ob sie eingesenkt neu entstehen und dann die Epidermis durchbrechen, wie seine späteren Angaben schließen lassen. Mir ist das letztere wahrscheinlicher.

---

31. H. Melchior: Über das Vorkommen von Inulin in den Blättern der Marcgraviaceen.

(Eingegangen am 21. März 1924. Vorgetragen in der Aprilsitzung.)

Bei einer Durchsicht des Marcgraviaceen-Materials des Herbariums in Berlin-Dahlem fielen mir an den Blättern der 1909 von E. ULE unter der Nr. 8423 im nördlichsten Amazonasgebiet gesammelten *Marcgravia macroscypha* Gilg et Werdermann inedit.[1]) kleine, scharf hervortretende Knötchen oder Pusteln auf, die unregelmäßig über die Blattfläche verteilt waren. Diese Knötchen sind von kreisrunder Gestalt mit Ausnahme der größeren, die etwas unregelmäßiger sind, sich aber trotzdem in ihrem Umriß mehr oder weniger einem Kreise nähern. Der Durchmesser der kleinsten beträgt ungefähr $\frac{1}{4}$ mm, und es finden sich dann alle Größenabstufungen bis zu solchen, die fast 2 mm Durchmesser besitzen. Die meisten Blätter sind mit zahlreichen dieser Knötchen in jeder Größe bedeckt, einige andere dagegen weisen sie etwas spärlicher auf. Die Pusteln treten teils nur oberseits, teils nur unterseits auf, die größeren sind jedoch meist auf beiden Seiten deutlich zu sehen.

Wie die mikroskopische Untersuchung der Blätter zeigt, besteht das Raphidenzellen führende Mesophyll aus einer ziemlich großzelligen Hypodermschicht, aus zwei gut entwickelten Palisadenzellreihen und aus einem sehr lockeren, 8—10 Zellen starken Schwammparenchym, in dem ziemlich spärlich die für die Marcgraviaceen charakteristischen Idioblasten — reichverzweigte Astrosklereiden — auftreten. Das Mesophyll ist beim Trocknen des Exemplars sehr stark geschrumpft, und zwar so stark, daß es auch beim Aufkochen und bei der Anwendung von Milchsäure seine ursprüngliche Gestalt nicht wiedererlangt. Die trockenen und aufgekochten Blätter sind daher $^1/_3$ bis höchstens $^2/_5$ so dick wie im natürlichen Zustand. An verschiedenen Stellen des Blattes dagegen — und zwar sind das die kreisrunden Knötchen — ist das Lumen der Mesophyllzellen mit einem festen Stoff ausgefüllt, durch den diese Zellen auch beim Trocknen und Pressen des Materials ihre ursprüngliche Gestalt und Größe beibehalten haben. Infolge-

1) Eine Beschreibung dieser Art wird demnächst publiziert werden.

dessen sind die betreffenden Stellen der Blätter ebenso dick wie im lebenden Zustand und treten, da sie ziemlich scharf umgrenzt sind, an dem Herbarmaterial in der oben angedeuteten Weise gegen die übrigen Blattpartien scharf hervor.

Die Substanz, die die Mesophyllzellen dieser so zu erklärenden „Knötchen" fast ganz erfüllt, ist in dem aufgeweichten Herbarmaterial stark lichtbrechend, von fester glasiger Beschaffenheit und unregelmäßiger Gestalt mit oft etwas scharfen Kanten, und zeigt deutlich einen muscheligen Bruch. Sie erinnert so an in „amorphem" Zustande ausgeschiedenes Inulin, wie es zuerst von BERG (Handb. d. pharm. Bot., 2. Aufl. I, 1850, p. 11) und später von PRANTL (Das Inulin, München 1870, p. 10) und TUNMANN (Ber. Dtsch. Pharm. Ges. XX, 1910, p. 579) beschrieben worden ist. Auch die von PRANTL (l. c.) angegebene radiäre Streifung, die meist von einer Ecke ausstrahlt, ist gut zu erkennen. — Die Substanz ist unlöslich in kaltem Wasser, in Alkohol und in Glyzerin. Sie löst sich in Chloralhydrat und heißem oder kochendem Wasser langsam, in Salzsäure dagegen ziemlich schnell ohne Aufbrausen, ebenso in Schwefelsäure ohne jeden Rückstand. Bei Zusatz von Jodjodkalium erfolgt keine Färbung. Alle diese Reaktionen deuten darauf hin, daß die in Rede stehende Substanz tatsächlich Inulin ist. Stärke konnte im Blatt nirgends nachgewiesen werden.

Die sehr auffallende Tatsache, daß das Inulin in den Blättern von *M. macroscypha* nur an einzelnen, und zwar scharf umschriebenen Stellen und nicht überall im Mesophyll zu beobachten ist, ist wohl ohne Zweifel auf die Art der Behandlung dieses Herbarmaterials zurückzuführen. Wie mir Herr Prof. GILG mitteilte, hat ULE einen großen Teil der von ihm gesammelten Pflanzen und darunter auch die vorliegende an Ort und Stelle (nach SCHWEINFURTHscher Methode) in Alkohol konserviert, und erst nach dem Eintreffen des Materials in Berlin ist es dann gepreßt und getrocknet worden. Bekanntlich scheidet sich nun bei den in Alkohol eingelegten Wurzeln und Rhizomen der Compositen das Inulin nicht überall gleichmäßig im Gewebe ab, sondern es entstehen an einzelnen Stellen große, zusammenhängende, durch viele Zellen gehende Kristallkomplexe, während weite Gewebepartien davon vollkommen frei sind. Dasselbe wird auch bei unserem Material unter der Einwirkung des Alkohols eingetreten sein, mithin ist die Lokalisierung der Inulinkristalle sowie die dadurch sich ergebende Bildung der „Knötchen" als ein Kunstprodukt anzusehen. Auch PRANTL (l. c. p. 59) und FISCHER (COHNs Beitr. z. Biol. d. Pflanzen VIII, 1898, p. 59) weisen darauf hin, daß „das Auftreten der

Sphaerite nicht auch beweist, daß am gleichen Ort vorher Inulin vorhanden war". Wie aus alledem hervorgeht, sind die „Knötchen" also keine im Blatt lokalisierten Speicherorgane, zumal da der anatomische Bau dieser Stellen von dem sonstigen Blattbau in keiner Weise abweicht. — Im Gegensatz zu *M. macroscypha* konnte ich bei keiner anderen Art des mir im Bot. Museum zu Berlin-Dahlem zur Verfügung stehenden Herbarmaterials der Marcgraviaceae die beschriebenen „Knötchen" oder ähnliche Gebilde auffinden; allerdings ist das übrige vorhandene Material auch nicht in der angegebenen Weise präpariert worden.

Wie erwähnt, konnte bei *M. macroscypha* im Blatt und ebenso in der Rinde des Stengels Stärke nicht nachgewiesen werden. Es lag daher die Vermutung nahe, daß bei dieser Pflanze überhaupt keine Stärke bei der Assimilation gebildet wird, sondern die zunächst entstehenden Hexosen gleich in Inulin umgewandelt werden, und daß vielleicht auch andere Marcgraviaceen sich ebenso verhalten würden. Angaben hierüber finden sich weder bei JUEL und A. RICHTER, die sich mit der Anatomie der Familie näher beschäftigt haben, noch sonst in der Literatur.

Zur Prüfung dieser Frage benutzte ich ein in den Gewächshäusern des Bot. Gartens zu Berlin-Dahlem kultiviertes Exemplar der Gattung *Marcgravia*, das unter dem Namen *M. umbellata* geführt wird, sich aber, wie ich feststellen konnte, in anatomischer Beziehung von *M. umbellata* L. (Westindien bis Brasilien) durch das Fehlen des Hypoderms sofort unterscheidet. Vielmehr scheint die in Kultur befindliche Art der *M. neurophylla* Gilg (Brasilien) nahe zu stehen, wenn auch die Blätter der beiden Arten anatomisch nicht vollkommen übereinstimmen.

Von dieser *Marcgravia spec.* wurde nach einer 2—3 stündigen Assimilationstätigkeit bei guten Lichtverhältnissen zunächst ein Blatt im lebenden Zustand untersucht, wobei es sich herausstellte, daß in dem Mesophyll auch mit Hilfe der Jodreaktion nicht die geringste Spur von Stärke nachzuweisen war. Nur die Schließzellen der Stomata enthielten Körnchen, die der Stärke ähnlich sahen, jedoch in ihren Reaktionen ein etwas abweichendes Verhalten zeigten. Bei der mir als Kontrollpflanze dienenden *Camellia japonica* waren unter fast denselben Außenbedingungen die Mesophyllzellen vollgepfropft mit Stärke. — Dagegen trat, wenn auch nicht immer in gleicher Deutlichkeit und Stärke, bei Anwendung von FEHLINGscher Lösung ein rotbrauner Niederschlag auf, der die Anwesenheit von Trauben- oder Fruchtzucker beweist. — Ferner

enthielten die meisten Palisaden- und Schwammparenchymzellen sowie auch, wie besonders gut an Flächenschnitten zu sehen war, die Epidermiszellen je 1 oder seltener 2 Öltropfen mit stark lichtbrechendem und oft etwas gelblichem Inhalt. Auffallend groß waren die Öltropfen in den Schließzellen der Spaltöffnungen, und zwar befand sich hier ein einziger, etwas länglicher Tropfen fast stets in der Mitte jeder Schließzelle dort, wo das Zellumen am größten ist. Es lagen daher in den Spaltöffnungsapparaten die beiden Öltropfen sich ziemlich genau gegenüber. Die Tropfen sind unlöslich in Wasser, Glyzerin und Alkohol, löslich in Äther und Chloroform; sie färben sich mit Sudan III, Alkannin- und Chlorophyllösung. Bei diesen öligen Tropfen scheint es sich aber nicht um „fettes Öl" im eigentlichen Sinne zu handeln, sondern eher um das von A. MEYER (Ber. d. D. Bot. Ges. 36, 1918, p. 5. Vgl. auch SCHNEIDER-ZIMMERMANN, Bot. Mikrotechnik, 2. Aufl. 1922, p. 368) beschriebene Mesophyllsekret insofern, als eine Verseifung der Tropfen auch nach mehreren Tagen nicht eintrat.

Ein zweites Blatt der *Marcgravia* wurde sofort nach stattgefundener Assimilation in hochprozentigem Alkohol fixiert und mehrere Tage darin aufbewahrt. In dem so behandelten Material waren außer den erwähnten öligen Tropfen an den Wänden der Schwammparenchymzellen ziemlich reichlich die für Inulin charakteristischen Sphärokristalle zu sehen, wie sie bei der Fällung durch Alkohol aufzutreten pflegen. Auch verhielten sich diese Kristalle gegenüber den verschiedenen Reagentien genau wie die des Inulins. Es ist also hierdurch der Beweis erbracht, daß auch in den Blättern der kultivierten *Marcgravia*-Art Inulin auftritt. — Besonders gut ausgebildet waren die Inulin-Kristalle in Material, das erst nach 14tägigem Aufbewahren in Alkohol untersucht wurde. Hier waren im Schwammparenchym bereits größere Inulinkomplexe vorhanden, die vor allem in etwas dickeren Flächenschnitten von der Blattunterseite deutlich hervortraten. Die Inulinkomplexe lagen stets den Spaltöffnungen zunächst und füllten die innere Atemhöhle sowie die angrenzenden Zellen und Interzellularen aus. Das Auftreten der Inulin-Kristalle an den Spaltöffnungen ist wohl darauf zurückzuführen, daß gerade an diesen Stellen der Alkohol zuerst in das Blattinnere eingedrungen ist und dadurch auch hier die ersten Kristalle sich gebildet haben, denen sich dann immer weitere ankristallisiert haben. Die noch bedeutend größeren Kristallanhäufungen bei *M. macroscypha* lassen darauf schließen, daß bei dieser Art der Inulin-Gehalt des lebenden Blattes auch bedeutend größer ist als bei der in Kultur befindlichen.

Ein drittes Blatt wurde 2 Tage lang durch eine Stanniolhülle verdunkelt und dann sofort in Alkohol fixiert. In diesem Material waren auch nach 14 tägigem Liegen in Alkohol keine Inulin-Kristalle zu finden. Inulin ist also bei vorliegender Pflanze nur in assimilierenden Blättern vorhanden, verhält sich mithin bezüglich seines Auftretens genau so wie die Stärke. Es ist daher hier wohl berechtigt, die Entstehung des Inulins ebenso wie die der Stärke mit dem Assimilationsvorgang in Verbindung zu bringen und das Inulin als ein primäres Assimilationsprodukt anzusprechen.

Nach diesen Beobachtungen zu schließen ist es leicht möglich, daß auch in den Blättern anderer Marcgraviaceen Inulin gebildet wird. Jedenfalls war bei einer ganzen Reihe weiterer *Marcgravia*- und *Norantea*-Arten in dem Mesophyll nirgends Stärke zu beobachten. Doch ist die endgültige und sichere Entscheidung der Frage, ob es sich bei diesen Arten um sogenannte „Zuckerblätter“ handelt, oder ob ebenfalls Inulin entsteht, erst möglich, wenn ein reichlicheres Material der Familie in unseren Gewächshäusern kultiviert oder in der Heimat der Pflanzen einer experimentellen Prüfung unterzogen wird.

Von Achsenorganen konnten nur etwa 4 mm dicke Stengelstücke untersucht werden. Hier war an lebendem Material in der Rinde und im Mark durch FEHLINGsche Lösung Glukose nachzuweisen. Die oben erwähnten „öligen Tropfen“ waren ebenfalls vorhanden, und zwar in den äußeren Partien der Rinde, dagegen nicht im inneren Teil der Rinde und im Mark. Stärke oder vielmehr der Stärke ähnliche Körnchen führte die an der Außenseite des mechanischen Ringes liegende Zellschicht (Stärkescheide), ferner die Holzmarkstrahlen und die äußeren, ziemlich kleinlumigen Zellen des Markes. Die Körner, deren Durchmesser 5—7 μ beträgt, stimmen mit denen der Schließzellen der Blätter überein, weichen aber von den gewöhnlichen Stärkekörnern in ihrem Verhalten gegenüber den verschiedenen Reagentien ziemlich stark ab. Sie quellen weder in heißem Wasser noch in kaltem oder heißem Chloralhydrat auf. Erst in kochendem Wasser oder bei ziemlich scharfem Aufkochen in Chloralhydrat erfolgt Aufquellung und Verkleisterung der Körner. In verdünnter Kalilauge lösen sie sich schon in der Kälte schnell auf. In Jodjodkalium nehmen sie eine hellere oder dunkler braune Färbung an, die erst bei längerer (24stündiger) Einwirkung zum Teil in eine blaurote Farbe umschlägt. Jodwasser färbt sofort bläulichrot; beim Erwärmen verschwindet die Färbung und kehrt beim Erkalten wieder. Ein ähnliches, jedoch helleres Blaurot tritt bei Anwendung von Chloraljod

auf, ohne daß ein Aufquellen zu beobachten ist. Chlorzinkjod-Lösung färbt ebenfalls blaurot unter ziemlich schnellem Aufquellen der Körner. Diese von der typischen Stärke abweichenden Reaktionen lassen darauf schließen, daß die Körnchen in der Hauptsache aus Amyloerythrin und Amylodextrin bestehen (vgl. TUNMANN, Pflanzenmikrochemie 1913, p. 507; SCHNEIDER-ZIMMERMANN, Bot. Mikrotechnik, 2. Aufl. 1922, p. 347), daß sie aber die β-Amylose A. MEYERs nur in geringer Menge enthalten. — Im Gegensatz zu den Blättern konnte im Stengel auch nach 14 tägigem Liegen in hochprozentigem Alkohol Inulin nicht nachgewiesen werden.

H. FISCHER weist in seiner Zusammenstellung der Inulin führenden Pflanzen darauf hin, daß das Inulin nicht allein auf den Verwandtschaftskreis der Compositen, Campanulaceen, Goodeniaceen und Stylidiaceen beschränkt ist, sondern auch bisher bei 5 Arten der Violaceen-Gattung *Hybanthus* (= *Jonidium*), bei *Drosophyllum lusitanicum*, sowie bei einigen Monokotylen (*Leucoium*, *Galanthus*, *Allium*) festgestellt worden ist, denen nunmehr auch die beiden Vertreter der Marcgraviaceen anzureihen sind. In den allermeisten Fällen tritt das Inulin erst in den Speicherorganen auf, bei nur wenigen Pflanzen dagegen schon in den Achsen oder in der Blattstiel-Basis. In dem Mesophyll der Blätter selbst ist es bisher erst bei 5 Arten gefunden worden: So bei der Goodeniacee *Selliera radicans* durch KRAUS (Bot. Zeitung 35, 1877, p. 329) und bei den Compositen *Ligularia Kaempferi*, *Hertia crassifolia* durch H. FISCHER (l. c. p. 92), *Tussilago farfara* durch MITLACHER (Pharm. Post 35, 1902, p. 377) und *Cichorium intybus* durch GRAFE und VOUK (Biochem. Zeitschr. 47, 1912, p. 320). Infolgedessen ist noch H. FISCHER (l. c. p. 92) der Ansicht, daß das Inulin „überall und immer nur für Zwecke der Speicherung erzeugt wird". Hiergegen wenden sich GRAFE und VOUK (l. c., ebenda Bd. 43, 1912, p. 433 und Bd. 56, 1913, p. 256), die durch ihre Untersuchungen an den Blättern von *Cichorium intybus* zu dem Resultat kommen, daß aus der beim Assimilationsprozeß primär gebildeten Glukose zunächst Lävulose entsteht, die dann zu Inulin kondensiert wird. Nach diesen Autoren ist — wenigstens bei *Cichorium* — das Inulin ein unmittelbares Produkt der Kohlensäureassimilation, also ein Assimilationsprodukt. Unsere Befunde an der *Marcgravia* führen zu demselben Ergebnis. Ob jedoch auch die anderen Pflanzen, die in ihren Blättern Inulin führen, sich ebenso verhalten, ist noch zweifelhaft. Jedenfalls gibt KRAUS (l. c. p. 332) bezüglich der *Selliera* ausdrücklich an, daß in den Chlorophyllkörnern, Schließ-

zellen und Stärkescheiden stets Stärke vorhanden ist (vgl. auch TUNMANN, l. c. p. 194). Auch nach VÖCHTING (Sitzber. Preuß. Akad. d. Wiss. 34, 1894, p. 713) entsteht zunächst Stärke, die dann sekundär über Zucker in Inulin umgewandelt wird.

In Anbetracht der Tatsache, daß zum mindesten bei *Cichorium* und den beiden *Marcgravia*-Arten das Inulin ein Assimilationsprodukt ist, möchte ich für derartige Blätter die Bezeichnung **Inulinblätter** vorschlagen und sie den **Stärkeblättern** und **Zuckerblättern** an die Seite stellen.

Berlin-Dahlem, Botanisches Museum, 20. März 1924.

32. R. Kolkwitz: Plankton-Membranfilter.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 24. März 1924. Vorgetragen in der Aprilsitzung.)

Das Plankton-Membranfilter bildet eine Ergänzung zur Planktonkammer (diese Berichte, 1911, Bd.29, S. 386) und zum Planktonsieb (diese Berichte, 1911, Bd. 29, S. 511) bzw. -netz. Es zeichnet sich durch große Zurückhaltekraft für Schwebestoffe bei bedeutender Durchlässigkeit für Wasser aus. Die Poren der Filtermembranen sind sehr fein, zahlreich, gleichmäßig groß und regelmäßig verteilt. Solche Membranen werden seit einigen Jahren von der Chemischen Fabrik DE HAËN in Seelze bei Hannover unter dem Namen „DE HAËNs Membranfilter" hergestellt und sind bisher hauptsächlich für bakteriologische und chemische Zwecke verwendet worden, wie aus KRAUS-UHLENHUTH (1) und SCHMIDT (1) sowie den Mitteilungen der genannten Firma ersehen werden kann.

Die Filtermembranen bestehen aus Nitro-Zellulose und können in allen Porenweiten zwischen 5 und etwa 0,5 μ hergestellt werden. Ihre Filterfläche ist sehr glatt und erscheint, im Gegensatz zum Filtrierpapier, ohne Faserstruktur auch unter dem Mikroskop. Die Feinheit der Poren (z. B. von 2 μ) gestattet restloses Abfiltrieren der Planktonten, und die Glätte des Filters relativ leichtes Abspritzen des Filterrückstandes. Beide Eigenschaften ermöglichen schnelles qualitatives und quantitatives Einsammeln von Nannoplankton, worunter man nach W. LOHMANN die kleinsten Planktonten, d. h. diejenigen, welche im allgemeinen kleiner sind als 20 μ, versteht. Die allerkleinsten Vertreter dieser Gruppe sind, wenn man von den Bakterien absieht, etwa 3 μ groß; man wird deshalb mit Filtern von 2 μ Porenweite bestimmt alle Nannoplanktonten auf der Fläche zurückhalten können.

Der hier zu beschreibende Apparat ist bequemer und handlicher als die Zentrifuge, welche bisher mit manchen Vorteilen zur Gewinnung des genannten Planktons mit Vorliebe verwendet wurde. Er leistet gute Dienste auch beim Arbeiten im Freien, besonders für Gewässer mit wenig Plankton, bei denen der Untersucher in erster Linie ein Interesse am Einengen der Schwebeorganismenbestände hat. Von solchen Wässern (Meer, klarer See, Quelle, Brunnen usw.) können mit Hilfe des neuen Apparates 50

bis 100 ccm in wenigen Minuten leicht abfiltriert werden, wofern man mit umfangreicheren Apparaten (Porzellan-, Bronze-, Hartgummi-Trichterapparat) nicht noch größere Wassermengen zu verarbeiten wünscht. Das gewonnene Material wird abgegossen und der Rest mit einer Planktonpipette, Spritzflasche oder Gummifahne vom Filter entfernt und zur Bestimmung seines Rohvolumens in Absitzgläser gefüllt oder sogleich mikroskopisch untersucht. Am einfachsten vollzieht sich nach den bisherigen Untersuchungen das Abfiltrieren von Proben aus bakterienarmen Gewässern.

Der Bau des Apparates kann aus der beigefügten Abb. 1 leicht ersehen werden. Er knüpft hauptsächlich an den Buwa-Apparat der Firma DE HAËN an, zeigt aber Vereinfachungen und sonstige konstruktive Änderungen[1]).

Bei a der Abb. 1 befindet sich die Filtermembran, welche getrennt durch einige Stückchen feuchten Fließpapiers der Porzellan-Siebplatte b im Gummistopfen c aufliegt. Dieser Stopfen ist unter der Siebplatte ausgehöhlt und trägt, in Verbindung mit dieser Höhlung, die Saugkapillare d, welche dickwandig ist und ein Lumen von etwa 1 mm besitzt. Der Filtermembran aufgesetzt ist das graduierte Glasrohr e, welches durch Stifte und elastischen Gummi abnehmbar mit dem Stopfen in geeigneter Weise verbunden ist und gegen anders dimensionierte Röhren im Bedarfsfalle leicht ausgewechselt werden kann. Zum Abhalten von gröberen Schwebewesen kann evtl. ein kleines Phosphorbronzesieb aufgesetzt werden.

Die Bestandteile a bis e sind die wichtigsten des Apparates: Wasser, welches man in den Aufnahmebehälter e gießen würde, gelangte bei d zum Abtropfen. Um aber den Prozeß zu beschleunigen, wird unter dem Gummistopfen verdünnte Luft in dem Gefäß f erzeugt und zwar dadurch, daß man bei i an dem Ansatz h mit dem Munde saugt und dann den Glashahn schließt. Saugen durch Pumpen ist nach den bisherigen Erfahrungen nicht erforderlich. Das Ansatzrohr g ermöglicht es, mittels einer Pipette filtriertes Wasser zum Abspülen der Innenwände und der Filtermembran zu entnehmen. Nähere Einzelheiten können aus der Gebrauchsanweisung für den Apparat ersehen werden[2]).

---

1) Herr Dr. W. BACHMANN, einer der Erfinder der DE HAËNS Membranfilter, hat mich bei der Durchführung meiner Versuche in dankenswerter Weise mit seinem geschätzten Rat unterstützt.

2) Der Apparat wird von dem Glasbläser der Firma DE HAËN, Herrn MAX LANDGRAF in Hannover, Callinstr. 46, Technische Hochschule, zum Preise von etwa 10 M. hergestellt.

Die Membran wird vor dem Gebrauch zweckmäßig gewässert, da sie z. Z. mit einem Desinfektionsmittel versetzt ist. Sie kann

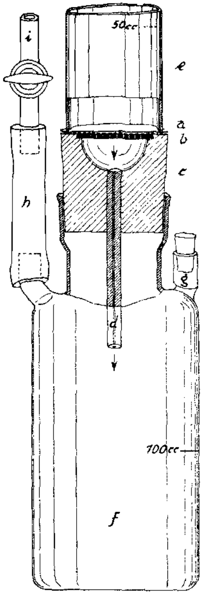


Abb. 1. Plankton-Membranfilter, schematisch, im mittleren Teil als Schnittfigur dargestellt.

a, feinporige Filtermembran
b, Siebscheibe
c, Stopfen
d, Saugkapillare
e, Aufnahmebehälter
f, Evakuiergefäß
g, Entnahmeöffnung für Wasser
h, Druckschlauch
i, Mundstück mit Hahn

Etwa ½ nat. Größe.

nach der Reinigung wieder oft benutzt werden, doch wirken die neuen Membranscheiben naturgemäß im allgemeinen am ausgiebigsten. Es ist unvermeidlich, daß einzelne Organismen trotz

Abspritzens an der Membranfläche haften bleiben. Um nun ein einwandfreies Auszählen der Organismen zu ermöglichen, empfiehlt es sich, alles freie Wasser abzufiltrieren und dann die feuchte Membran direkt unter dem Mikroskop zu betrachten, um die Organismen, unter Verwendung von Deckglas- oder Okular-Netzteilungen lebend auszuzählen. Bei starken Lichtquellen kann man die Beobachtungen im auffallenden oder durchfallenden Licht vornehmen, bis jetzt am besten an farbigen Organismen wie *Trachelomonas* oder Diatomeen. Es sind Versuche im Gange, die Membranen noch dünner und glasartig durchsichtig herzustellen[1]). Xylol hellt die bisherigen Filter zwar auch schon stark auf, doch eignet sich seine Anwendung zunächst hauptsächlich für Organismen wie die genannten. Immerhin bieten Teilzählungen gute Anhaltspunkte, zumal man mittels der Planktonkammer das Verhältnis der übrigen Organismen zu bestimmten ausgezählten feststellen kann[2]).

Man wird sich später kleine Herbarien mit Filterscheiben, auf denen bestimmte Planktonmengen festsitzen, für die mikroskopische Beobachtung herstellen können.

Wegen der Empfindlichkeit besonders der Nannoplanktonten wird nur die ohne alles Beiwerk arbeitende direkte Schöpfmethode (Planktonkammer) zuverlässige Zahlenwerte ergeben, künftig vielleicht auch die angedeutete Zählmethode. Alle anderen sind, wenigstens bisher, trotz mancher Vorzüge, meist mit allerlei Fehlern behaftet, auch das Zentrifugieren; vgl. BIRGE und JUDAY (1) S. 14 und 64. Nach eigenen Versuchen mit einer elektrischen Zentrifuge[3]), deren Tourenzahl sich regulieren ließ, stellte ich fest, daß, bei den üblichen Umdrehungen und der vorgeschriebenen Zeit,

---

1) In der Tat sind solche, neuerdings von DE HAËN hergestellten, dünnen Membranen sehr durchsichtig (Projektion!). — In neuester Zeit hat die Firma SCHOTT u. Gen. in Jena feinporige Filterplatten aus gesintertem Glas angefertigt, welche z. Z. 2—3 mm dick sind und wie Gipsplatten aussehen, also undurchsichtig sind. Sie werden bis jetzt hauptsächlich für chemische Untersuchungen benutzt; vielleicht können sie aber später auch in der Hydrobiologie Verwendung finden. Dasselbe gilt von den Porzellan-Feinfiltern der Porzellanmanufaktur in Berlin.

2) Bei weniger empfindlichen Schwebewesen kann man auch das im Wasser konzentrierte Material mit einer graduierten Mischpipette entnehmen und in der BÜRKERschen Blutzählkammer (ZEISS-Jena) auszählen, ev. nach vorheriger Fixierung und Färbung.

3) Die Überlassung der Zentrifuge zu Versuchszwecken verdanke ich der Bakteriologischen Abteilung der Preuß. Landesanstalt f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene in Dahlem.

z. B. leukosinreiches Material von *Mallomonas* stark deformiert wurde und daß *Halteria* und *Cryptomonas* öfter platzten. Die Zentrifuge wirkt also unter Umständen selektiv. Mittels der Planktonkammer ließ sich leicht kontrollieren, ob alle Organismen ausgeschleudert waren; das war z. B. für Chlamydomonaden, Chrysomonaden u. a. m. nicht immer der Fall. Vergrößert man die Tourenzahl zu sehr, so steigert sich damit die Schädignng vieler Organismen.

Um den wahren Gehalt eines Gewässers an lebensfrischem Plankton genau zu ermitteln, sind Kombinationen von Methoden nötig; die Wahl der einzelnen Untersuchungsarten hängt von der spezifischen Beschaffenheit des Planktons und dem Ziel der gestellten Aufgabe ab. Mit modernen Methoden läßt sich schon jetzt recht weitgehende Genauigkeit erreichen.

Literatur.

BIRGE und JUDAY (1), The Inland Lakes of Wisconsin. Plankton. — Wisconsin Geological and Natural History Survey. Bulletin No. 64, 1922.

DE HAËN, *Membranfilter nach* ZSIGMONDY-BACHMANN — *Seelze bei Hannover.*

KRAUS-UHLENHUTH, Handbuch der mikrobiologischen Technik, 1924, Bd. 3, S. 2071 ff., enthaltend:

ROSENTHAL, WERNER, Filtration und Ultrafiltration zur Darstellung von Bakterienprodukten und von ultravisiblem Virus. Mit zahlreichen Literaturangaben.

SCHMIDT, E. W., Über die Anwendung von Membranfiltern in der Mikrobiologie. — Cbl. Bakt., Abt. 2, 1923, Bd. 58, S. 464—469.

ZSIGMONDY, R., Über Filtration von Wasser mit Membranfiltern. Ztschr. f. Hygiene, 1924, Bd. 102, S. 97—108.

33. Leonid Iwanoff: Über die Transpiration der Holzgewächse im Winter. II.

(Eingegangen am 24. März 1924. Vorgetragen in der Maisitzung.)

In der vorigen Mitteilung I habe ich von vergleichenden Untersuchungen über die relative Transpiration der Laubhölzer im Winter berichtet. Jetzt möchte ich einige Angaben mitteilen über die Transpiration der Nadelhölzer und über die Wirkung dieses Prozesses auf ihre Wasserbilanz im Winter.

Die in der Tabelle I angeführten Mittelwerte (aus 4 Serien) der relativen Transpiration bei den verbreitetsten Nadelhölzern zeigen, daß die Nadeln von *Abies sibirica, Pinus silvestris, P. Cembra* und *Picea obovata* bei Berechnung der Transpiration auf 1 cm^2

Tabelle I.

	Abies sibirica	*Pinus*		*Picea*	
		Cembra	*silvestris*	*obovata*	*excelsa*
Relative Transpiration . .	0,3	0,9	0,6	0,8	1,5
Wassergehalt in den Nadeln in % des Frischgewichts	54,5	61,3	55,5	—	60,4
Wassergehalt auf 1 cm^2 Oberfläche.	0,009	0,011	0,012	—	0,011

Gesamtoberfläche[1]) Werte ergeben, welche der als Einheit angenommenen Transpiration der Lärchentriebe nachstehen — nur *Picea excelsa* transpiriert um weniges mehr.

Es sind also die Nadeln der Nadelhölzer gegen den Verlust an Wassergehalt besser geschützt, als die überwinternden einjährigen Triebe laubabwerfender Gehölze[2]).

Bei dieser Gruppe der Holzgewächse tritt wie bei den Laubhölzern der von uns konstatierte Parallelismus der Transpiration mit der geographischen Verbreitung hervor, denn diese aus sehr gering transpirierenden Arten bestehende Gruppe ist auch am weitesten nach Norden verbreitet.

1) Über die Methodik der Oberflächenbestimmung soll ausführlich in einer anderen Mitteilung berichtet werden.

2) Zu demselben Resultat kam unlängst Prof. GORDJAGIN in seiner Arbeit „Beiträge zur Flora des Akmolinsk-Gebietes", 1916 (Russisch).

Um die schon ausgeführte Charakteristik der Wintertranspiration bei verschiedenen Holzgewächsen zu vervollständigen, möchte ich einige Angaben über den Wert der angenommmenen Vergleichseinheit bei natürlichen Bedingungen machen. Um diesen Wert zu bestimmen, wurde die Kiefer genommen, da ihre relative Transpiration ungefähr die Hälfte der als Einheit genommenen Lärchentranspiration ausmacht. Die Zweige [5 Stück in jeder Serie[1])] wurden im Freien abgeschnitten, schnell jeder einzeln in einem kalten Raume abgewogen und gleich darauf wiederum auf dem Baume in der vorherigen Lage befestigt. Eine von Zeit zu Zeit sich wiederholende Abwägung solcher Zweige gab die Möglichkeit, ein Urteil über die Stärke ihrer Transpiration zu gewinnen.

Von den zahlreichen Versuchen werde ich nur drei in den kältesten Monaten Januar und Februar 1908 und 1909 angestellte anführen[2]). In der Tabelle II sind die Gewichtsveränderungen der abgeschnittenen und auf dem Baume wieder befestigten Zweige angegeben. Es sind Mittelwerte aus 5 Proben. Man sieht, daß in allen Fällen, selbst wenn die mittlere Temperatur bis -13° und das Minimum in einigen Tagen bis -20° gefallen war, die abgeschnittenen Zweige nach 10—12 Tagen deutliche Verminderung des Gewichts, folglich Transpiration anzeigten[3]). Die Größe des Wasserverlustes schwankt in den verschiedenen Perioden zwischen 0.15—0.57 % vom Frischgewicht pro Tag, der Mittelwert ist ungefähr 0.4 %. Fast denselben Wert (0.43 %) erhalten wir, wenn man anstatt des Mittelwertes für die ganze Versuchsdauer nur den Wert für die erste, am mindesten von dem normalen Zustand abweichende Periode annimmt. Wenn man nur auf Frischgewicht der Nadeln berechnet, macht der Gewichtsverlust ungefähr 0.75 % aus. Wir werden also nicht weit von der Wahrheit abweichen, wenn wir für Kiefernnadeln einen mittleren Transpirationsverlust im Winter von etwa 1 % des Frischgewichts pro Tag annehmen. Um diesen Wert richtig zu schätzen, wollen wir denselben mit dem Transpirationsverlust an einem Sommertage vergleichen. Bei 5jährigen Kiefern in den Kulturgefäßen beträgt nach unseren Versuchen die Transpiration während der Vegetationszeit durchschnitt-

1) Durch speziell angestellte Versuche wurde festgestellt, daß der mittlere Fehler bei ein- sowie zweijährigen Nadeln in 10 Proben ± 0,2 %, in 5 Proben ± 0,3 % ausmacht.

2) Die Versuche von 1908 und 1909 führte Stud. W. P. DROBOFF unter meiner Leitung aus.

3) Prof. GORDJAGIN (l. c.) beobachtete die Transpiration sogar bei -30°.

lich 300 % auf Frischgewicht der Nadeln und steigt an klaren Tagen bis auf 400 % pro Tag. Die Transpiration im Winter ist also um 300—400mal schwächer als im Sommer[1]).

Tabelle II.

	Anfangsgewicht d. Zweige am 29. XII. 07 = 36.52 g		
	8. I. 08	21. I.	31. I.
Verlust pro entspr. Periode in % vom Anfangsgewicht	4.05	4.71	4.08
Idem pro Tag	0.40	0.36	0.41
Mittl. tägl. (pro entsprech. Periode) Lufttemperatur (Min. Max)	−5.9 (−21.5 — +1.5)	−2.5 (−5.0 — +0.3)	−7.4 (−14.3 — −0.9)
Relat. Feuchtigk. (Min. Max)	93 (82—100)	92 (80—98)	89 (80—98)
	Anfangsgewicht d. Zweige am 10. II. 08 = 42.13 g		
		22. I.	2. III.
Verlust pro entspr. Periode in % vom Anfangsgewicht		6.86	2.33
Idem pro Tag		0.57	0.26
Mittl. tägl. (pro entsprech. Periode) Lufttemperatur (Min. Max)		−5.3 (−15.0 — +1.1)	−9.4 (−15.7 — −0.3)
Relat. Feuchtigk. (Min. Max)		83 (75—92)	80 (61—94)
	Anfangsgewicht d. Zweige am 11. I. 09 = 44.88 g		
	16. I.	22. I.	5. II.[2])
Verlust pro entspr. Periode in % vom Anfangsgewicht	2.58	3.03	2.18
Idem pro Tag	0.52	0.50	0.15
Mittl. tägl. (pro entsprech. Periode) Lufttemperatur (Min. Max.)	−5.6 (−9.3 — −1.5)	−11.8 (−17.3 — −9.3)	−13.2 (−20.4 — +2.8)
Relat. Feuchtigk. (Min. Max.)	91 (89—94)	87 (82—89)	90 (87—97)

Jetzt wollen wir nun eingehender die Frage betrachten, wie denn eigentlich die schwache Wintertranspiration auf die Wasserbilanz der Nadeln zu der Zeit wirkt, wo die Wasseraufnahme aus

1) WEAWER und MAGENSON erhielten Werte derselben Ordnung, indem sie angeben, daß die Transpiration der nordamerikanischen Nadelhölzer im Winter im Vergleich mit der Herbsttranspiration nur $\frac{1}{55}-\frac{1}{250}$ ausmacht. Siehe BURGERSTEIN, Transpiration der Pflanzen. II. 1920.

2) Daten dieser sowie der anderen Tabellen sind nach altem Stil.

Tabelle III.

		Wassergehalt der Kiefernnadeln in 100 Frischgewichtsteilen											
		8. I. 1908	21. I.	Differenz	31. I.	Differenz	Gesamtdifferenz	10. II.	22. II.	Differenz	2. III.	Differenz	Gesamtdifferenz
1 jährige Nadeln	direkt vom Baum	59.4	58.8	— 0.6	57.4	— 1.4	2.0	58.0	57.4	— 0.6	57.1	— 0.3	0.9
	von abgeschnittenen Zweigen	59.4	56.3	— 3.1	54.0	— 2.3	5.4	58.0	55.0	— 3.0	53.1	— 1.9	4.9
2 jährige Nadeln	direkt vom Baum	55.7	54.8	— 0.9	53.0	— 1.8	2.7	55.9	53.2	— 2.7	51.3	— 1.9	4.6
	von abgeschnittenen Zweigen	55.7	53.1	— 2.6	50.9	— 2.2	4.8	55.9	52.6	— 3.3	48.5	— 4.1	7.4
Mittl. tägliche (pro entsprechende Periode)	Lufttemperatur (Min. — Max.)		— 2.5 (— 5.0 — + 0.5)		— 7.4 (— 14.3 — — 0.9)				— 5.3 (— 15.0 — + 1.1)		— 9.4 (— 15.7 — — 0.3)		
	Relat. Feuchtigkeit (Min. — Max.)		92 (83—98)		89 (80—98)				83 (75—92)		80 (61—94)		

dem Boden und aus dem Stamm sehr erschwert ist. Zu diesem Zwecke wurde der Wassergehalt der Nadeln an den abgeschnittenen und auf dem Baume wieder befestigten Zweigen mit dem Wassergehalt in den nicht von dem Stamme abgetrennten Zweigen verglichen. Die Differenz in diesen beiden Fällen sollte zeigen, in welchem Maße der Wasserverlust bei der Transpiration ersetzt wird. Zuerst wurden die Versuche mit zweijährigen Trieben in 2 Serien im Januar und Februar 1908 ausgeführt. Die ermittelten Resultate (Mittelwerte von 5 Proben) sind in der Tabelle III angegeben.

Diese Versuche zeigen, daß 1. im Vergleich zu den Kontrollproben die Isolierung des Zweiges von dem Stamme eine Verminderung des Wassergehaltes in den Nadeln nach 12 Tagen von 3 %, nach 3 Wochen von 5—7 % hervorruft. Dies zeigt, in welchem Maße die Wasserbilanz in den Zweigen vom Wasservorrat des Baumkörpers abhängt; 2. in den Kontrollzweigen fiel der Wassergehalt ebenfalls, wenn auch etwas langsamer, dabei verloren die einjährigen Nadeln in 3 Wochen nur 1—2 %, die zweijährigen dagegen immer bedeutend mehr, 2.7—4.6 %. Hierdurch wird die schon längst bekannte und bei uns stets beobachtete Tatsache erklärt, daß einjährige Nadeln wasserreicher sind als zweijährige. Daß diese Differenz in der Wasserbilanz nicht durch die verminderte Wasseraufnahmefähigkeit, sondern durch die stärkere Transpiration der zweijährigen Nadeln hervorgerufen wird, zeigten auch Versuche mit von den Achsenteilen isolierten Nadeln beiden Alters. Im Winter transpirierten die zweijährigen Nadeln immer stärker als die einjährigen. Wahrscheinlich sind die älteren Nadeln gegen Austrocknen nicht so gut geschützt. Jedenfalls bei den einen wie bei den anderen Nadeln, die mit dem Wasservorrate des ganzen Stammes und mit den Wurzeln in Verbindung stehen, wird der geringe Verlust bei der Wintertranspiration durch die schon konstatierte Aufnahme des Wassers nicht gedeckt und die Nadeln werden immer wasserärmer.

Außer diesen 3wöchigen Versuchen mit kurzen Zweigen wurde ein 3monatiger Versuch mit 25jährigen Bäumen angestellt, um die Bedeutung des Wurzelsystems für die Wasserbilanz zu bestimmen. Am 27. November 1909 wurden von 4 gleichen nebeneinanderstehenden Exemplaren 2 in der Höhe von 60 cm vom Boden durchgesägt und die abgetrennten Stammteile wiederum in der ursprünglichen Lage befestigt. Beim Beginn des Versuches und darauf bis Anfang März wurden nach Monatsfristen je 5 Proben

gleichzeitig von den durchgesägten und von den Kontrollexemplaren entnommen. *Die Resultate sind in der Tabelle IV angeführt.*

Tabelle IV.

		Wassergehalt der Kiefernnadeln in 100 Frischgewichtsteilen							
		27.XI. 1909	3. I. 1910	Differenz	4. II.	Differenz	11. III.	Differenz	Gesamtdifferenz
1jährige Nadeln	vom Kontrollbaum	59.5	61.8	+ 2.3	58.9	− 2.9	58.3	− 0.6	**1.2**
	vom Versuchsbaum	60.0	58.2	− 1.8	55.0	− 3.2	54.2	− 0.8	**5.8**
2jährige Nadeln	vom Kontrollbaum	57.3	58.9	+ 1.6	55.3	− 3.6	54.6	− 0.7	**2.7**
	vom Versuchsbaum	55.5	55.2	− 0.3	50.6	− 4.6	49.4	− 1.2	**6.1**
Mittl. tägl. (pro entspr. Periode)	Lufttemperatur (Min. — Max.)		−4.5 (−25.4—+ 2.1)		−5.3 (−15.1—+ 1.7)		− 0.1 (−5.6 —+ 2.6)		
	Relat. Feuchtigk. (Min — Max.)		92 (73—99)		93 (75—98)		87 (72—97)		

Aus derselben ersieht man, daß die Isolierung vom Wurzelsystem deutliche Verminderung des Wassergehaltes in den Nadeln hervorruft. Dieselbe ist geringer als im vorherigen Versuche, was auf das Benutzen des Wasservorrats des Stammes durch die Nadeln hinweist. Während der ganzen, mehr als 3monatigen Zeitdauer des Versuches überstieg der Wasserverlust in den einjährigen sowie in den zweijährigen Nadeln nicht 6 %. Damit wurde gezeigt, daß die Arbeit des Wurzelsystems doch einen bestimmten, obwohl nur kleinen Einfluß auf die Wasserbilanz der Nadeln im Winter ausübt. Welchen Einfluß die Abtrennung der Wurzel auf die Wasserbilanz des Stammes hat, zeigen die Bestimmungen des Wassergehaltes des Holzes in verschiedenen Höhen. Der Wassergehalt wurde bei 1-, 2- und 3jährigen Zweigen für das Holz samt der Rinde, bei älteren, bis zu 17jährigen Stammesteilen für das Holz mit Ausschluß der Rinde bestimmt. Die in der Tabelle V zusammengestellten Resultate zeigen, daß der im November abgesägte Baum,

mit dem Kontrollbaum verglichen, anfangs März in allen seinen Teilen nur um 4—5 % trockener geworden ist[1]).

Tabelle V.

	Wassergehalt in 100 Frischgewichtsteilen am 11. III. 1910		Differenz
	bei der 27. XI. 1909 abgesägt. Kiefer	bei dem Kontrollbaum	
1jähriger Zweig	55.0	62.9	7.9
2 „ „	54.3	60.9	6.6
3 „ „	57.5	60.2	2.7
5 „ „	56.1	61.6	5.5
7 „ „	53.2	56.6	3.4
10 „ „	47.6	54.3	6.7
12 „ „	45.9	51.7	5.8
15 „ „	44.8	50.3	5.5
17 „ „	44.2	48.6	4.4

Was die Kontrollbäume betrifft (s. Tabelle IV), so war der Wassergehalt ihrer Nadeln auch nicht konstant geblieben. Es wurde nämlich im Dezember (27. XI.—3. I.) eine Vergrößerung des Wassergehaltes beobachtet, die bei den einjährigen Nadeln 2.3 %, bei den zweijährigen 1.6 % betrug. Diese Erscheinung führte mich zu einer besonderen Versuchsreihe über die Wasseraufnahme im Winter, die später in einer anderen Mitteilung dargelegt werden soll. Hier möchte ich nur auf die Tatsache aufmerksam machen, daß man im Januar und Februar, ebenso wie bei dem vorigen Versuche, eine Verminderung des Wassergehaltes, und wiederum bei den einjährigen Nadeln eine schwächere (1.2 %) als bei den zweijährigen (2.7 %) bemerkt. Die allmähliche Verminderung des Wassergehaltes während der kältesten Jahreszeit in den Nadeln ist also eine normale Erscheinung, die bei den ganz gesunden, unverletzten Exemplaren beobachtet wird. Den Grund davon muß man, wie gezeigt wurde, in der ungenügenden Wasseraufnahme durch die Nadeln aus der Wurzel und dem Stamme suchen. Wie gering auch der Wasserverbrauch bei der

1) Die regelmäßige Abnahme des Wassergehaltes von oben nach unten, welche schon durch GELESNOFF (s. unten) gezeigt wurde, wird auch bei dem der Wurzel beraubten Baume beibehalten, wie das die Tabelle zeigt. Wahrscheinlich ist der relative Wassergehalt auf verschiedenen Höhen des Baumstammes bei der Kiefer hauptsächlich von der gegenseitigen Beziehung zwischen Splint- und Kernholz mit verschiedenem Wassergehalt abhängig. Mit dem Alter wird die Teilnahme des wasserarmen Kernholzes relativ größer und daher muß der Gesamtwassergehalt des Holzes sich vermindern.

Transpiration in den kältesten Monaten mit unbedeutender Insolation sein mag, so kann er doch nicht durch den langsamen Wasserstrom gedeckt werden. Daß diese Tatsache hauptsächlich auf die Wasserbewegung zurückgeführt werden muß und nicht von dem Mangel an Wasservorrat abhängig ist, zeigt uns die Bestimmung des Wassergehaltes in den verschiedenen Zweig- und Stammteilen des Kontrollbaumes (s. Tabelle V). Die Tabelle zeigt, daß die Wasservorräte im Stamm und in den Zweigen dieselben, ja sogar am Ende des Winters eher größer sind als im Sommer bei der höchsten Transpiration, was mit den Untersuchungen von GELESNOFF und R. HARTIG[1]) übereinstimmt, nach denen der Wassergehalt des Kiefernholzes im Winter bis zum Maximum steigt. Es ist klar, daß die Hauptsache hier nicht in den Wasservorräten liegt, sondern in der Schnelligkeit, mit welcher das Wasser aus den Zweigen und dem Stamme in die Nadeln strömt. Diese Strömung findet, wie unsere Versuche zeigen, unzweifelhaft auch im Winter statt, aber mit solcher Langsamkeit, daß der geringe Wasseraufwand bei der Transpiration durch dieselbe nicht gedeckt wird und die Nadeln am Ende des Winters merklich an ihrem Wassergehalt verlieren. Als Ursache dieser Verlangsamung des Wasserstromes muß man die niedrige Temperatur annehmen, da letztere nach einigen von KOSAROFF[2]) ausgeführten Versuchen die Schnelligkeit des Wasserstromes in den Holztrieben *(Lonicera sempervirens)* bedeutend herabsetzt. Es ist ersichtlich, daß niedrige Temperatur weniger die Transpiration als die Schnelligkeit des Wasserstromes herabsetzt. Also nicht allein die niedrige Bodentemperatur, wie dieses schon SACHS seinerzeit (1860) gezeigt hat, sondern auch die niedrige Lufttemperatur versetzt die transpirierenden Organe der Holzgewächse in den Zustand der physiologischen Trockenheit. Sie können dann eben nicht mehr jene reichlichen Wasservorräte, die sich in ihren oberirdischen Teilen befinden, im rechten Maße ausnutzen. In unserem Falle führt diese durch die niedrige Temperatur verursachte Disharmonie nur infolge der außerordentlich schwachen Transpiration nicht zum Absterben der Kiefer. 25jährige Kiefern können im feuchten Petersburger Klima sogar bei ihrer Isolierung von Boden und Wurzelsystem, ganz gleich ob diese Isolierung durch Gefrieren

1) S. GELESNOFF in Bull. de l'Acad. d. St. Petersbourg, XXII, Nr. 3; R. HARTIG in Untersuchungen a. d. forstbot. Institut zu München, II.

2) P. KOSAROFF, Einfluß verschied. äußeren Faktoren auf die Wasseraufnahme. Dissert. 1897.

des Bodens geschieht oder künstlich hervorgerufen wird, den Winter überleben. Es ist aber kaum zu bezweifeln, daß die Wintertranspiration nicht bei allen Holzgewächsen solch eine unschädliche Wirkung ausübt. Je intensiver dieselbe ist, desto mehr wird die niedrige Temperatur die Wasserbilanz der Pflanze stören. Dieses Resultat stimmt vollständig überein mit dem in der Mitteilung I festgestellten Parallelismus zwischen der *Wintertranspiration* und der Nord- (evtl. Höhen-) Grenze der verschiedenen Holzgewächse. Es ist klar, daß die Wintertranspiration um so schädlicher auf ein Holzgewächs einwirkt und seine Verbreitung nach Norden hin um so mehr erschwert, je stärker die Pflanze transpiriert. Also nicht das Verhalten der wachsenden Triebe gegen Erfrieren, sondern die Transpiration der ruhenden Triebe bestimmt in erster Linie die Höhe der Nordgrenze der Holzgewächse. Nur diese Annahme kann uns eine Erklärung solcher auf den ersten Blick sich widersprechenden Tatsachen geben, wie die beschränktere Verbreitung nach Norden der spätfrostharten *Salix alba*, *Ulmus campestris*, *Tilia platyphyllos*, *Carpinus betulus*, *Evonymus europaea*[1]) im Vergleich mit den stark spätfrostempfindlichen *Picea excelsa* und *Abies sibirica*. Dieser scheinbare Widerspruch wird aber leicht aufgehoben durch die von uns konstatierte Tatsache, daß die Holzgewächse der ersten Gruppe den im Winter stark transpirierenden, die der zweiten Gruppe aber den schwach transpirierenden Pflanzen zuzuzählen sind.

Botanisches Kabinett des Forstinstitutes in St. Petersburg (Leningrad).

1) S. DANKELMANN, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1898.

34. R. Schaede: Uber die Reaktion des lebenden Plasmas.

(Eingegangen am 25. März 1924. Vorgetragen in der Maisitzung.)

Die Frage nach der Reaktion des lebenden Plasmas bei Pflanzen steht zurzeit noch offen, nachdem RUHLAND (1923) dargetan hat, daß mit den bisher angewandten Farbstoffindikatoren nichts Bestimmtes darüber zu ermitteln ist. RUHLANDs Abbandlung lenkte meine ganze Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand, der bei meinen früheren Arbeiten über das Verhalten von Pflanzenzellen gegenüber Anilinfarbstoffen (SCHAEDE [1923a und b]) nicht im Vordergrunde meines Interesses gestanden hatte.

Es ist wohl selbstverständlich, daß man dem lebenden Plasma nur mit den zartesten Mitteln begegnen darf. Darum sind die Versuche von SCHWARZ (1887) von vornherein abzulehnen, denn er tötete Zellen mit dem Induktionsstrom, mit Alkohol, durch Wärme oder Verletzung, und beurteilte dann nach der Färbung des Plasmas mit dem Anthocyan des eigenen Zellsaftes oder dem aus Rotkohl ausgezogenen die Reaktion, er hat also nur totes Plasma untersucht. Aber auch abgesehen davon ist die Methodik von SCHWARZ keineswegs einwandfrei, und so hat sie denn schon längst durch A. MEYER (1890) eine sehr berechtigte Kritik erfahren.

Wenn man das Pflanzenplasma elektrometrisch prüfen könnte, wäre ja natürlich die Lösung sofort gefunden. Da jedoch alle Pflanzenzellen reich an Zellsaft sind, würden an lebenden Pflanzenteilen immer Plasma und Zellsaft zugleich gemessen werden und das Ergebnis durch den allermeist sauren Zellsaft sehr stark beeinflußt und unbrauchbar sein. Vielleicht wäre es möglich, mit dem Plasma von Myxomyceten — sofern sie überhaupt Pflanzen sind — zu arbeiten, wobei jedoch vor einer zu weitgehenden Verallgemeinerung des Resultates zu warnen wäre.

Derartige Schwierigkeiten bestehen auch für die Physiologie der Tiere, wie ich der Literatur entnehme. Es sind dialysiertes Eiweiß, Organextrakte, sogar gekochte, also sicher totes Plasma, elektrometrisch untersucht worden (PAULI [1906], HOEBER [1922, S. 133 u. 148]), und bei vitalen Experimenten handelt es sich, soweit ich ermitteln kann, um eiweißhaltige Körperflüssigkeiten, wie z. B. Blut (HOEBER [1922, S. 133 u. 150]), und nicht um

Zellplasma. Diese letzteren Untersuchungen reden zwar zum Teil einer schwachen alkalischen Reaktion des Eiweißes das Wort, können aber immer nur für ganz spezielle Fälle gelten und in keiner Weise verallgemeinert oder gar auf Pflanzen übertragen werden.

Daraus geht hervor, daß wir vor der Hand auf Farbstoffindikatoren, die im lebenden Plasma gespeichert werden, angewiesen sind. Bei der Suche nach einem möglichst geeigneten Indikator stieß ich auf Methylrot, das von RUPP eigens für die Titration schwacher Basen in die Chemie eingeführt worden ist (RUPP [1915], SOERENSEN [1909, 1910], PALITSCH [1911], THIEL und DASSLER [1923]). Es ist nun ein glücklicher Zufall, daß Methylrot vom Plasma der Zwiebelschuppen von *Allium Cepa* stark gespeichert wird, und dazu aus der roten, sauren Lösung rein gelb, basisch.

Bevor auf die Versuchsanstellung eingegangen wird, ist einiges wenige vom Objekt, *Allium Cepa*, zu sagen. Membranen und Plasma der beiderseitigen Epidermis der Zwiebelschuppen zeigen im mikroskopischen Bild einen schwachen gelbgrünen Schimmer, der wohl durch Lichtbrechungserscheinungen im Mikroskop zu erklären ist. Er war bei Linsensystemen verschiedener Fabrikate zu sehen, am schwächsten mit einer Apochromat-Ölimmersion und Kompensationsokular von ZEISS. Diese Erscheinung ist zwar nicht wesentlich, könnte jedoch zu Täuschungen Veranlassung geben. Der Zellsaft der unteren Epidermis enthält meistenteils mehr oder minder große Mengen eines gelben Farbstoffes, über den ich außer einer kurzen Erwähnung durch KUESTER (1910, S. 692) nichts habe ermitteln können. Der Farbstoff nimmt unter Einwirkung von Ammoniak grüngelbe Farbe an, mit Schwefelsäure färbt er sich orange. Doch kommt es hier nicht auf seine Eigenschaften an, sondern lediglich auf sein Vorhandensein, um Irrtümern vorzubeugen. Endlich ist es ratsam, für die vorliegenden Versuche zur Erleichterung der Beobachtung nur Zwiebeln mit dicken Protoplasten zu wählen. Als solche empfehlen sich breite Formen, wenigstens habe ich mit diesen niemals Schwierigkeiten gehabt, was bei spitzen Formen mehrmals eintrat, so daß ich schließlich nur noch mit den ersteren arbeitete.

Infolge der großen Empfindlichkeit des Methylrot darf man für die Versuche nur Geräte aus gutem Glas mit möglichst geringer Alkaliabgabe verwenden, und diese sind vor Gebrauch gründlich mit destilliertem Wasser abzukochen, anderenfalls erhält man eine rein gelbe, basische Lösung. Methylrot ist in kaltem Wasser unlöslich. Erhitzt man aber unter aller Vorsicht bereitetes

destilliertes Wasser mit einem Überschuß von Farbstoff langsam bis zum Aufwallen und läßt dann langsam wieder abkühlen, so bekommt man eine orangefarbene, ungefähr neutrale oder ganz schwach basische Lösung, die etwa 0,004 % Methylrot (1 : 25000) enthält. Diese Konzentration ist für unsere Zwecke gerade gut, es hat keinen Wert, durch wiederholtes Erwärmen noch mehr Farbstoff in Lösung zu bringen, weil das Plasma diesen nur bis zu einem bestimmten Grade speichert, und je höher zudem der Prozentsatz des Farbstoffes steigt, desto näher rückt auch die Gefahr einer giftigen Wirkung, die ja möglichst vermieden werden soll.

Zur Untersuchung diente die alte Methode des Schwimmenlassens kleiner Stückchen der beiderseitigen Epidermen auf der Farbstofflösung mit Kontrolle unter dem Mikroskop von Zeit zu Zeit. Die etwas schwierige Dauerbeobachtung im Farbstoffstrom (SCHAEDE [1923a]) war nicht notwendig, weil es im vorliegenden Falle nicht auf die Feststellung von Vorgängen in den Zellen, sondern allein auf die Färbung des Plasmas ankommt. Benützt wurden Uhrschälchen von etwa 20 ccm Inhalt. In diesen wurde auch vor dem Eintragen der Epidermisstückchen die Ansäuerung vorgenommen, indem der orangefarbenen Lösung solange Spuren von Säure zugesetzt wurden, bis sie karminrot, also deutlich sauer war. Zuviel Säure ist wegen der ungünstigen Wirkung auf das Plasma zu vermeiden. Einen Vorrat der sauren Lösung kann man nicht bereiten, weil diese binnen kurzer Zeit unter Ausfallen orangefarbener Kristalle verdirbt; darum muß sie auch, falls man den Versuch über einige Stunden ausdehnen will, in den Uhrschälchen mindestens alle 45 Minuten erneuert werden, denn sonst gibt das Plasma seinen gespeicherten Farbstoff an die durch die Ausscheidung der Kristalle immer schwächer werdende Lösung wieder ab. Als Säuren wurden verwendet Zitronensäure, Bernsteinsäure, Oxalsäure, Äpfelsäure, Weinsäure, Salicylsäure, Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure und Phosphorsäure. Bei allen war der noch zu schildernde Färbungserfolg der gleiche, irgendeine Schädigung des Protoplasten konnte während 3 Stunden nicht beobachtet werden, denn die Rotation zeigte sich in keiner Weise beeinflußt, und die Versuche hätten ohne Zweifel noch durch einige Stunden weitergeführt werden können. Ebenso war eine Schädigung in der orangefarbenen und gelben Lösung nicht zu bemerken. Demnach sind weder Methylrot noch die genannten Säuren in den gebotenen Konzentrationen für das Plasma der Zwiebel giftig.

In der karminroten, sauren Lösung färbt sich das Plasma der oberen Epidermis und der Kern binnen 5—10 Minuten intensiv gelb, die Speicherung erfolgt also sehr rasch. Das Plasma der unteren Epidermis färbt sich ebenso, aber viel langsamer, erst nach 2—3 Stunden deutlich erkennbar. Die Beobachtung wird hier dadurch erschwert, daß der Zellsaft sehr schnell große Mengen von Farbstoff aufnimmt, die schließlich in Form von tief rubinroten Kugeln ausfallen. Von der Plasmafärbung kann man sich indessen leicht durch eine kräftige, rasche Plasmolyse mit Glyzerin überzeugen. Durch diese wird in vielen Zellen der Saftraum auf einen Teil der Zelle eingeschränkt, und man bekommt so das kräftig gelb gefärbte Plasma allein zu sehen. In einzelnen Fällen wurde auch eine Speicherung im Zellsaft der oberen Epidermis beobachtet.

In der orangefarbenen, ungefähr neutralen Lösung erfolgt gleichfalls die gelbe Plasmafärbung in der oberen Epidermis, jedoch viel langsamer, so daß sie erst nach 3 Stunden einwandfrei festzustellen ist. Auch die Speicherung im Zellsaft der unteren Epidermis ist stark verzögert, sie tritt nach $\frac{1}{2}$—1 Stunde ein mit karminroter Farbe.

Keine Spur einer Plasmafärbung ist in einer gelben, basischen Lösung zu beobachten. Der Zellsaft der unteren Epidermis dagegen färbt sich nach 1—2 Stunden karminrot. Das tote Plasma verletzter Zellen nimmt einen zarten roten Ton an. Die schwache Färbung erklärt sich leicht daraus, daß totes Plasma nur durchtränkt wird, während lebendes speichert.

Methylrot gibt demnach an, lebendes Plasma sei beim vorliegenden Objekt basisch, totes sauer, der Zellsaft sauer. Dasselbe Ergebnis erhält man übrigens bei gleicher Methodik mit Äthylrot.

Das ist nun bezüglich des Plasmas das gleiche Resultat wie bei *Hydrocharis Morsus ranae* und einigen basischen Farbstoffen (SCHAEDE [1923a, S. 88]), und so scheint angesichts von RUHLANDs Einwendungen (1923) gegen diese nichts gewonnen zu sein. Indessen liegen im Gegensatz zu jenen basischen Farbstoffen die Verhältnisse *bei dem sauren Methylrot sehr viel günstiger*, denn wir erhalten hier bei der Speicherung im lebenden Plasma einen krassen Farbenumschlag, und THIEL und DASSLER (1923) haben die Brauchbarkeit des Methylrot bei Ampholyten festgestellt. Einen Versuch zu zahlenmäßiger Angabe der Wasserstoffionenkonzentration auf Grund von derartigen mikroskopischen Beobachtungen muß ich

freilich wegen der starken Verdünnung der Indikatoren im Präparat und der Möglichkeit einer Veränderung des Farbentones durch die Linsensysteme von vornherein als unstatthaft bezeichnen. Ob das tote Plasma beim Absterben selbst sauer wird, oder ob es vom sauren Zellsaft angesäuert wird, läßt sich bei der Zwiebel nicht entscheiden, nur bei einem Objekt mit ungefähr neutralem Zellsaft wäre das möglich. Die vom Metbylrot angezeigte saure Reaktion des Zellsaftes wird dadurch bestätigt, daß gelegentlich Zwiebeln mit rotem Anthocyan vorkommen.

Ich bin mir wohl bewußt, daß auch mit dem Methylrot kein absolut sicherer Beweis für die basische Reaktion des lebenden Plasmas erbracht ist, wie man denn bei diesem immer mit recht vielem Unbekannten zu rechnen hat, doch scheint mir das neue Ergebnis eine bessere Grundlage zu besitzen als das frühere. Und wenn nun der Chemiker im Methylrot einen möglichst feinen Indikator für schwache Basen gesucht und gefunden hat, der den praktischen Anforderungen genügt, dann können auch wir uns wobl in Anbetracht der Unausführbarkeit einer elektrometrischen Prüfung des lebenden Plasmas bei Pflanzen mit ihm zufrieden geben, obschon sich noch dieser oder jener theoretische Einwand erheben läßt. Gibt man der Theorie zu weit nach, so müßte man dem Chemiker die Berechtigung zum Gebrauch der Titration absprechen, und das wäre ohne Zweifel in Rücksicht auf die praktischen Erfahrungen zu weit gegangen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. RUPP, Direktor des Pharmazeutischen Institutes, für freundliche Überlassung von Farbstoff und Unterstützung mit Literatur, sowie Herrn Professor Dr. HERZ, Leiter der physikalisch-chemischen Abteilung des Chemischen Institutes, für seine gefällige Beratung meinen besten Dank auszusprechen.

Breslau, Pflanzenphysiologisches Institut, März 1924.

Literatur.

HOEBER, R. (1922): Physikalische Chemie der Zelle und Gewebe. Bd. I.

KUESTER, E. (1910): Über Veränderungen der Plasmaoberfläche bei Plasmolyse. Zeitschr. f. Botanik, Bd. 2, S. 689.

MEYER, A. (1890): Kritik der Ansichten von FRANK SCHWARZ über die alkalische Reaktion des Protoplasmas. Botan. Zeitg., Bd. 48, S. 234.

PALITSCH, S. (1911): Über die Verwendung des Methylrot bei der kolorimetrischen Messung der Wasserstoffionenkonzentration. Biochem. Zeitschr., Bd. 37, S. 131.

PAULI (1906): HOFMEISTERs Beiträge z. Physiologie, Bd. 7, S. 534.
RUHLAND, W. (1923): Über die Verwendbarkeit vitaler Indikatoren zur Ermittlung der Plasmareaktion. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 41, S. 252.
RUPP, E. (1915): Über das Methylrot und verwandte Azokombinationen. Archiv d. Pharmazie, Bd. 253, S. 366. Daselbst weitere Literatur.
SCHAEDE, R (1923a): Über das Verhalten von Pflanzenzellen gegenüber Anilinfarbstoffen. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 62, S. 65.
— — (1923b): Desgleichen. II. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 41, S. 345.
SCHWARZ, F. (1887): *Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas.* Beitr. z. Biologie d. Pflanzen, Bd. 5, S. 17.
SOERENSEN, S. P. L. (1909): Biochem. Zeitschr., Bd. 21.
— — — — (1910): Biochem. Zeitschr., Bd. 22
THIEL und DASSLER (1923): Über den Zustand von Methylorange und Methylrot im Umschlagsintervall. Ber. d. D. Chem. Ges., Bd. 56, S. 1667.

35. Silvestr Prát: Die Pilze in den Wespennestern.

(Eingegangen am 5. April 1924. Vorgetragen in der Maisitzung.)

In diesen Berichten Bd. XLII, 1924, Nr. 15 beschreibt M. MÖBIUS als Ursache des Grauwerdens des Holzes die endophytischen Pilze. Schon vor einigen Jahren hat Herr Prof. Dr. BOH. NĚMEC beobachtet, daß die Papierhüllen der Wespennester immer ganz mit braunen Pilzhyphen und Sporen durchwachsen sind, und daß auch die Materialien, von denen die Wespen das Holz für ihre Papierfabrikation sammeln, nämlich die von MÖBIUS beschriebenen Pfähle, Planken, Schindeln, Scheunen, in ihren oberflächlichen Schichten von Pilzen durchdrungen sind. Auf die Veranlassung des Herrn Prof. NĚMEC habe ich die Isolierung der Pilze versucht (Isolace hub z vosích hnízd, Rozpravy České Akademie II. tř XXX, 1921, č. 26. The Isolation of Fungi of Wasp's Nest, Bulletin internat. de l'Academ. des Sc. de Bohême 1921).

Die Sporen keimten in den Zuckerlösungen (1—20% Saccharose) gut, und auch die Hyphen wuchsen in kurze Fäden aus. Durch Plattenguß und Abimpfen wurden zwei Spezies von Schimmelpilzen isoliert. Eine Dematiacee (*Dematium?*, Rußtaupilz) bildete sehr verschiedene Formen je nach dem Substrat, auf dem sie kultiviert wurde, so daß nur durch wiederholte Isolierung die Einheitlichkeit der Kultur festgestellt werden konnte. Die zweite Spezies war eine *Alternaria*, ähnlich der *A. tenuis* Nees. Ich habe auch Infektion von Holz und Zellulosefasern durch die Reinkulturen versucht. Deswegen wurden Filterpapier, Watte und Fichtenholzspäne mit sehr verdünntem LIEBIGs Extrakt benäßt, und nach der Sterilisation wurden die Kolben von den isolierten Kulturen geimpft. Nach einem Jahre wurden in allen Fällen bei beiden Pilzen die charakteristischen Bilder der durchwachsenen Fäden gefunden, so daß die Präparate von den ursprünglichen mikroskopischen Präparaten der Wespennesterhüllen nicht unterschieden werden konnten. Die Mikrophotographien (l. c.) zeigen das sehr deutlich und zeigen auch die Ähnlichkeit mit der Abbildung von MÖBIUS.

Nach Eintrocknen dieser Kulturen konnte auch die graue Farbe des Papiers und der Watte und auch der erwähnte silbergraue Glanz, der bekannterweise auch an den Papierhüllen der Wespennester manchmal auffällig ist, gut beobachtet werden.

Interessant ist, daß in den Nestern von verschiedenen Lokalitäten in Böhmen und der Slowakei dieselben Pilze beobachtet wurden. Die Annahme, daß die Pilzfäden zu der Festigkeit der Hüllen beitragen, ist sehr wahrscheinlich, da beide Arten in Zuckerlösungen sehr viel Schleim produzierten, und da die Nester von *Vespa crabro* L., die sehr brüchig sind, keine oder nur sehr spärlich die Pilze enthalten.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich bemerken, daß auch in allen natürlich absterbenden Teilen und Organen lebender Pflanzen (Narben, Kronenblätter, verschiedene Trichome, Teile der Früchte und keimfähiger Samen, Epidermis der Zweige, Epidermis der durch Insekten minierten Blätter usw.) überall Pilzfäden vorkommen, und ich konnte auch eine Reihe interessanter Spezies, von denen manche lebhaft gefärbt waren, züchten.

Pflanzenphysiologisches Institut der čechischen Universität in Prag.

PROGRAMM

für die

Tagung der Deutschen Botanischen Gesellschaft
1924 in Berlin.

Mittwoch, den 6. August 1924.

8 Uhr abends: Begrüßung im Restaurant „Rheingold", Berlin W, Potsdamer Str. 3 (Muschelsaal).

Donnerstag, den 7. August 1924.

9 Uhr: Generalversammlung im Hörsaal des Pflanzenphysiologischen Instituts, Dahlem, Königin-Luise-Str. 1 (Straßenbahn-Linie 43, Untergrundbahnhof Breitenbach-Platz).
Tagesordnung gemäß §§ 15 u. 16 der Geschäftsordnung.

10 Uhr: Vorträge.

1 Uhr: Mittagspause. Gelegenheit zum Essen in Dahlem, Alter Krug, Königin-Luise-Str. 52, Untergrundbahnhof Dahlem-Dorf.

3 Uhr: Fortsetzung der Vorträge. Nachher Besichtigung des Botanischen Gartens und Museums und des Pflanzenphysiologischen Instituts.

7½ Uhr: Zwanglose Zusammenkunft im Restaurant „Paulsborn" am Grunewald-See.

Freitag, den 8. August 1924.

9 Uhr: Fortsetzung der Vorträge.

1 Uhr: Mittagspause.

3 Uhr: Fortsetzung der Vorträge.

6 Uhr: Filmvorführung.

8 Uhr: Zusammenkunft im Ratskeller Friedenau, Rheinstr. 1 (Bürgersaal).

Sonnabend, den 9. August 1924.

9½ Uhr: Besichtigung der Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Dahlem, Ehrenbergstr. 38—42.

11 Uhr: Besichtigung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biologie, Dahlem, Boltzmannstr.

Nachmittag: Ausflug nach Potsdam. Park von Sanssouci. Fahrt nach Wannsee.

Sonntag, den 10. August 1924 und folgende Tage, bei genügender Beteiligung: Exkursion nach der Niederlausitz unter Führung von Professor Dr. P. GRAEBNER.

Bisher angemeldete Vorträge:

R. BAUCH-Rostock: Die Physiologie der Kopulation bei den Brandpilzen.

F. BRIEGER-Jena: Untersuchungen über den Wundreiz.

P. CLAUSSEN-Marburg: Thema vorbehalten.

H. FISCHER-München: Neue Forschungsergebnisse über die Anfänge der Floristik in Deutschland.

H. GRADMANN-Erlangen: Reizstoffbildung beim geotropischen Reizvorgang.

I. GRÜSS-Friedrichshagen: *Nematophora fascigera*, eine Devonalge als Vorläufer der Gymnospermen.

E. LEHMANN-Tübingen: Keimphysiologische Studien an *Lythrum salicaria.*

P. METZNER-Dahlem: Über Galvanotaxis bei Bakterien.

H. POTTHOFF-Marburg: Demonstration von Bakterienpräparaten (Kopulation).

W. RUHLAND-Leipzig: Über die Ultrafilterwirkung des Plasmas auf molekular gelöste Stoffe.

P. N. SCHÜRHOFF-Berlin: Die Kleistogamie bei *Plantago sekt. Novorbis* und ihre geschlechtsbegrenzte Vererbung.

O. STOCKER-Bremerhaven: Die Transpiration der Nordseehalophyten.

U. WEBER-Jena: Das geotropische Verhalten von Haferkeimlingen.

F. R. ZATTLER-Stuttgart: Vererbungserscheinungen bei Hutpilzen.

W. ZIMMERMANN-Freiburg: Über die längs angreifende Schwerkraft und das Sinusgesetz.

Sitzung vom 27. Juni 1924.

Vorsitzender: Herr A. ZIMMERMANN.

Der Vorsitzende macht Mitteilung von dem Ableben folgender Mitglieder:

Dr. **Dimitri Iwanowski,**

Professor der Pflanzenphysiologie in **Rostow,** dessen Tod bereits vor 2 bis 3 Jahren erfolgt ist;

Dr. **Bruno Löffler**

in **Tharandt i. S.,** der am 8. Juni 1924 nach langem, schwerem Leiden gestorben ist, und

Dr. **Ferdinand Tessendorff,**

Oberstudiendirektor am Helmholtz-Realgymnasium zu **Berlin-Schöneberg,** der am 18. Juni 1924 nach längerer Krankheit verschied.

Zu Ehren der Dahingegangenen erheben sich die Anwesenden von ihren Plätzen.

Als neue Mitglieder werden vorgeschlagen:

Alexeev, Artemij J., Dozent an der Mittelasiatischen Universität zu **Taschkent** (Turkestan), Puschkinskaja 53 (durch N. A. MAXIMOW und E. LEBEDINCEV),

Bayer, Adolf, stud. phil. in **Berlin-Steglitz,** Friedrichsruher Str. 4 (durch P. METZNER und F. HERRIG),

Flerov, B. K., Assistent am Botan. Institut der Universität in **Moskau** (durch L. KURSANOW und K. MEYER),

Heinemann, Frl. Dr. **Käthe,** Studienrat in **Cassel,** Weigelstr. 10, II (durch G. BERTHOLD und H. BURGEFF),

Jüssen, Franz Josef, cand. phil. in **Berlin-Steglitz,** Rothenburgstr. 41, pt. (durch P. N. SCHÜRHOFF und R. W. KOLBE),

Kuckländer, Erich Theodor, cand. phil. in **Berlin-Friedenau,** Stubenrauchstr. 57, III (durch P. N. SCHÜRHOFF und R. W. KOLBE),

Nessel, Hermann, Obergärtner des Pflanzenphysiologischen Institutes in **Berlin-Dahlem,** Königin-Luise-Straße 1 (durch P. METZNER und F. HERRIG),

Pieper, Walter, cand. pharm. in **Berlin-Schöneberg,** Hauptstr. 27 (durch P. N. SCHÜRHOFF und R. W. KOLBE),

Rabien, Herbert, Apotheker, Assistent in **Braunschweig,** *Botanisches Institut der Technischen Hochschule (durch G.* GASSNER und F. J. MEYER),

Ullrich, Dr. **Hermann** in **Leipzig-R.,** Johannis-Allee 1, II (durch W. RUHLAND und F. BACHMANN),

Żadowsky, A. E., Assistent am Botan. Institut der Universität in **Moskau** (durch L. KURSANOW und K. MEYER).

Zu ordentlichen Mitgliedern werden ernannt:

Koningsberger, Dr. **V. J.,** Direktor in **Cheribon** (Java),

Lehmberg, Dr. **Karl** in **Vallstedt** (Braunschweig),

Pojarkov, Frl. **Antonina** in **Petersburg,**

Walther, Dr. **Oscar A.,** Professor in **Petersburg.**

Herr R. KOLKWITZ legte, als eigene Konstruktion, die Kombination einer Lupe mit sehr einfachem Kreuztisch und Planktonkammer vor, gefertigt als Modell von der Berliner Werkstatt der Firma ZEISS. Die Vergrößerungen dieses kleinen Taschenapparates betrugen bisher 27 und 40.

Außerdem demonstrierte er das neue, kleine Prismenglas „Turmon" von ZEISS-Jena, welches 8mal vergrößert, ein ausgedehntes Gesichtsfeld besitzt und für die Beobachtung sehr naher und ferner Objekte gleich gut verwendbar ist. Es läßt sich wie eine Lupe in der Westentasche unterbringen.

Der Vorstand hat beschlossen, den Beitrag für 1924 für die in Deutschland wohnenden Mitglieder, die ihn bisher noch nicht bezahlt und auch keine Teilzahlung geleistet haben, auf **20 Rentenmark,** für alle anderen Mitglieder, die noch nicht bezahlt, auf **5 Dollar** oder den entsprechenden Gegenwert in ihrer Landeswährung zu erhöhen.

Mitteilungen.

36. G. Lorbeer: Der Chromatophor, die Chromosomenzahl und die Dehiszenzlinie des Sporogons von Anthoceros laevis L.

(Mit 4 Abbildungen im Text)

(Eingegangen am 24. März 1924. Vorgetragen in der Aprilsitzung.)

1. Der Chromatophor des Sporogons.

In der Familie der Anthocerotaceen bietet die Bildung der Geschlechtsorgane, die Entwicklung und der Bau des Sporogons etwas Eigenartiges. Eine Merkwürdigkeit ist hier auch der einzelne Chromatophor in jeder Zelle des Gametophyten, ein breitlinsenförmiges Gebilde mit zahlreichen Pyrenoiden.

Im Sporophyten sollte der Chloroplast, abgesehen von seiner Beschaffenheit, zahlenmäßig eine besondere Rolle spielen. So schreibt z. B. LOTSY (6, S. 61): „Sehr interessant ist der Umstand, daß die x-Generation der *Anthoceros*-Arten meistens nur 1 Chloroplasten pro Zelle besitzt, die 2x-Generation dagegen deren 2 führt.“ Auch NĚMEC (8, S. 375) vermutet, daß der doppelte Chloroplast auf Befruchtung von männlichen und weiblichen Geschlechtszellen beruhen könnte.

Ein Nachweis von Chromatophoren in den Geschlechtszellen würde diese Meinung bestätigen. In dieser Hinsicht hat SCHERRER (9, S. 20) die Entstehung der Geschlechtsorgane bei *Anthoceros Husnoti* untersucht und festgestellt, daß in der Eizelle ein Chromatophor vorhanden ist, daß aber im Antheridium bei der Anlage des spermatogenen Gewebes kein Chromatophor in dieses übertritt. Für *Anthoceros laevis* kann ich diese Angabe bestätigen. Es ist auch ohnedies sehr unwahrscheinlich, daß in den außerordentlich kleinen Spermatozoiden (Abb. 1a; Vergr. 1200), die im übrigen einen kugeligen Plasmaleib und einen Blepharoblasten mit zwei Geißeln wie die Spermatozoiden der anderen Lebermoose besitzen, einen Chromatophoren mit sich führen.

Bei *Anthoceros laevis* habe ich im Sporogon die Chromatophorenverhältnisse untersucht und bin auch ohne Rücksicht auf die Befruchtungsvorgänge zu der Erkenntnis gelangt, daß — von der Sporenmutterzelle einstweilen abgesehen — nur von einem Chloroplasten in jeder Zelle die Rede sein kann.

Das basale Meristem des Sporophyten ist immer in reger Zellvermehrung begriffen. Bei den hier stattfindenden Zellteilungen ist das Verhalten des Chromatophoren nicht anders als in den Zellen des thallösen Gametophyten. So sehen wir z. B. in Abb. 1b (Vergr. 1050) eine Zelle der Sporogonwand mit einem einzigen großen Chloroplasten. Dieser streckt sich etwas in die Länge (Abb. 1c; Vergr. 1050), nachdem sich die Pyrenoide geteilt haben,

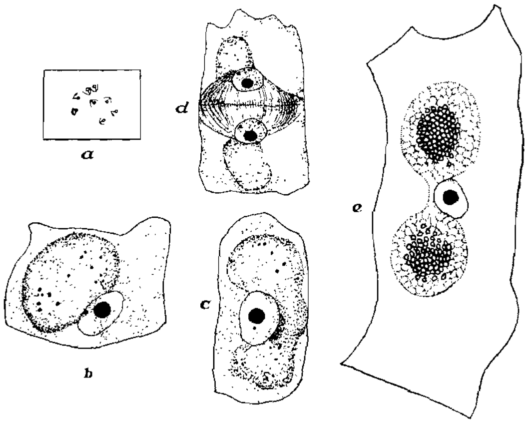


Abb. 1

und schnürt sich in der Mitte durch. Erst hiernach erfolgt die Mitose des Kernes (Abb. 1d; Vergr. 1050), also genau wie im haploiden Thallus. Wesentlich ist demnach, daß die Teilung des Chromatophoren immer der des Kernes vorausgeht, das zeigen auch die Archesporzellen und vor allem die Vorgänge in der Sporenmutterzelle, wo ein Chloroplast in 2 Teilungsschritten 4 Tochterchloroplasten liefert, bevor die Reduktionsteilung des Kernes einsetzt. Wenn also irgendeine Zelle des Sporogons im Ruhezustand 2 Chromatophoren besäße, so müßten vor der Kernteilung bereits 4 Chloroplasten durch einen Teilungsschritt erzielt werden, was aber nirgends beobachtet wurde.

Mit der Entfernung aller Zellen vom Meristem, also nach der Spitze des Sporogons zu, hören ihre Teilungen auf; die Differenzierung der Zellelemente nimmt zu und damit auch die der Chromatophoren in dem nichtsporogenen Gewebe, und zwar so, wie es für einen hochentwickelten, Spaltöffnungen führenden Sporophyten zur Assimilation zweckmäßig erscheint.

In den weitlumigen Zellen der Sporogonwand besteht der Chromatophor aus zwei großen runden, pyrenoidführenden Lappen (Abb. 1e; Vergr. 600), die stets durch eine schmale Brücke verbunden sind. Darauf hat schon HOFMEISTER (4, S. 4) bei *A. laevis* und SCHERRER (9) bei *A. Husnoti* hingewiesen. Der Irrtum von den 2 Chloroplasten in der 2x-Generation von *Anthoceros* kann nur darin seine Erklärung finden, daß man dieses zweilappige Gebilde als zwei einzelne Chromatophoren betrachtet hat.

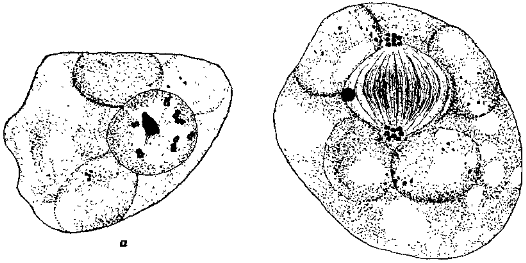
In den Epidermis und Columellazellen des Sporogons strecken sich die Chloroplasten zu Ketten So zahlreiche Glieder, wie sie SCHERRER bei *A. Husnoti* zählte, konnte ich allerdings bei *A. laevis* nicht feststellen. Die Zahlen entsprechen dem Längenunterschied von Sporogon und Zellen beider Arten. In Epidermiszellen beobachtete ich Ketten von 4—6, in Columellazellen solche von 11 Gliedern. In den Elateren war nur ein mehr oder weniger zweilappiges Gebilde zu erkennen. Der Kern liegt regelmäßig in der Mitte des Chromatophors.

II. Die Chromosomenzahl.

Die Vorgänge in der Sporenmutterzelle von *A. laevis* hat DAVIS (2) verfolgt. Über die Chromosomenzahl schreibt er (2, S. 106): „The number of chromosomes is eight for the sporophyte and four in the gametophyte."

Die haploide Zahl 4 erscheint unter den Lebermoosen klein Im Gegensatz zu DAVIS konnte ich gerade die doppelte Chromosomenzahl an Hand sehr günstiger Präparate feststellen. Die Abb. 2 zeigt uns zwei Stadien aus der Sporenmutterzelle. Das erste (Abb. 2a; Vergr. 1200) ist das wichtige Diakinesestadium, das DAVIS nicht fand. Wir sehen in einem stark angewachsenen Kern um einen mäßig großen Nukleolus herum acht Gemini gelagert. Jeder von ihnen hat die Form einer „8". Die Chromosomen von *A. laevis* sind kleine kugelige Gebilde. In dem eben betrachteten Stadium sieht man sie bei der angewandten Eisenhämatoxylinfärbung deutlich halbiert. Ob der obere oder untere Teil der „8" oder ob die linke oder rechte Längshälfte der „8" einem Chromosomen entspricht, läßt sich nicht entscheiden. Man erkennt aber

aus diesem Stadium deutlich die Anzahl von 8 × 2 = 16 Chromosomen für den Sporophyten. Die nach der Reduktionsteilung folgende Anaphase der Chromosomen ist in der Abb. 2b (Vergr. 1200) wiedergegeben. An den Polen einer mächtigen Spindel liegen jeweils 8 Chromosomen, die hier längsgespalten erscheinen. Der Nukleolus ist in diesem Stadium noch erhalten. Die Spindel ist umlagert von 4 Chloroplasten, von denen nach der homöotypischen Teilung je einer auf eine Spore kommt. (In Abb. 2a ist von den vier Chloroplasten einer weggeschnitten.) Die Chromosomenzahl für *A. laevis* stellt sich somit für die haploide Generation auf 8, für die diploide auf 16.



a Abb. 2. *b*

In einer Zeichnung übrigens von DAVIS (2), nämlich seiner Figur 20, ist ein meiner Abb. 2b ganz ähnliches Stadium mit 8 Chromosomen wiedergegeben. DAVIS hält aber diese 8 Chromosomen für 8 halbe; er konnte mittels der von ihm angewandten Safraninfärbung nicht die Spaltung der 8 Chromosomen erkennen.

Die von SCHERRER (9, Seite 34, Anmerkung) für *A. Husnoti* beiläufig mitgeteilte Chromosomenzahl 4 und 8 wäre noch einmal genauer nachzuprüfen.

III. Die Dehiszenzlinie des Sporogons.

Im Sporogon von *A. laevis* schreitet die Ausreifung sämtlicher Teile von der Spitze nach der Basis zu vor. Während hier also noch ein steter Nachschub junger Zellen stattfindet, kann dort schon das Gewebe der Sporogonwand absterben, die Färbung der Chloroplasten eine braune werden und die Kapsel in zwei gleichen

Hälften wie die Klappen einer Schote aufspringen. Die Columella ragt dann als dünnes Haar zwischen der freiliegenden gelben Sporenmasse heraus.

Das Aufspringen des Sporogons geschieht durch eine mechanische Einrichtung, die bisher ganz übersehen worden ist. Wohl spricht CAMPBELL (1, S. 143) von einer „line of dehiscence“; doch fehlen jegliche nähere Angaben. Auch MÜLLER (7) schreibt S. 685 in RABENHORSTs Kryptogamenflora vom *Anthoceros*-Sporogon: „es ist schotenförmig und springt längs einer vorgebildeten Naht in

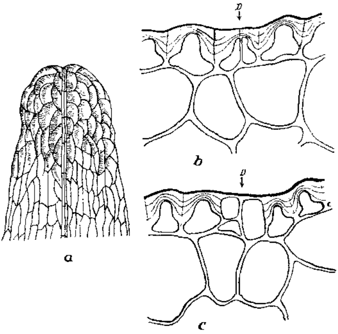


Abb. 3.

nur 2 Klappen auf“. Wie ein abgebildeter Querschnitt von *A. Husnoti* dort zeigt, ist darunter nur die Einbuchtung auf zwei gegenüberliegenden Seiten des Sporogons gemeint. Das Wesentliche ist in der Zeichnung nicht wiedergegeben.

Betrachtet man unter dem Mikroskop die Spitze des Sporogons bei auffallendem Licht, so erkennt man eine kopfartig entwickelte Masse von gewölbten Zellen, an die sich basalwärts die üblichen langgestreckten Epidermiszellen anschließen (Abb. 3a; Vergr. 65). Es fällt einem aber auf, daß über die Mitte des Sporogonscheitels zwei Reihen schmaler Zellen herablaufen. Sie sind zusammen etwa so breit wie eine Epidermiszelle. Auf einem Querschnitt (Abb. 3b, D; Vergr. 435) durch den oberen Teil des Sporogons erkennt man — und das ist das wesentliche der Dehis-

zenzlinie —, daß die Mittelwand der beiden schmalen Reihen unverdickt ist, während alle anderen Epidermiszellen an ihrer Außen- und radialgerichteten Seitenwand durch Zelluloselamellen verstärkt sind. Die Wandverdickungen fehlen in der Meristemschicht des Sporogons und nehmen nach der Spitze hin zu. In der Regel sind die beiden, der unverdickten Lamelle benachbarten Wände der Dehiszenzlinie stark leierförmig verdickt, mitunter ist auch

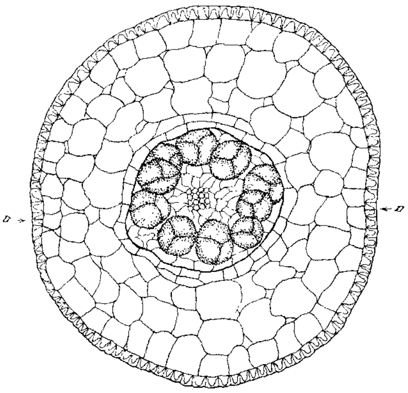


Abb. 4.

nur ihre eine Hälfte verstärkt (Abb. 3c; Vergr. 435). Zu den zwei Zellreihen der Dehiszenzlinie kann auch noch eine dritte Zelle treten, am Scheitel sogar eine fünfte und sechste. Die Verhältnisse variieren also etwas.

Der Mechanismus der Sporogonöffnung ist wohl auf Kohäsion zurückzuführen, wenn auch die Einzelheiten nicht verfolgt wurden. Es ist vor dem Aufspringen des Sporogons eine Spannung im Epidermismantel schon daran zu erkennen, daß längs der unverdickten Wand der Dehiszenzlinie eine flache Rinne entsteht (Abb. 4, D; Vergr. 140. Im Innern Sporentetraden). Beim Absterben des oberen Sporogongewebes reißt dann an der zarten Lamelle der Dehiszenzlinie das Sporogon auf.

Sämtliche Abbildungen sind mit dem ABBEschen Zeichenapparat gezeichnet. Die mit Eisenhämatoxylin gefärbten Objekte der Abb. 1a, b, c, d und der Abb. 2 wurden mit Chrom-Essigsäure (0,7 % bzw. 0,5 %) fixiert.

Würzburg, Bot. Institut, März 1924.

Nachtrag zu II.

Während des Druckes vorliegender Zeilen wurde mir eine Arbeit von BAGCHEE, KR.: „The Spermatogenesis of *Anthoceros laevis, L.*" bekannt, veröffentlicht in Ann. of Bot. Vol. XXXVIII, S. 105—111, Taf. 6, 1924. Dieser Verfasser glaubt die von DAVIS angegebene haploide Chromosomenzahl 4 bestätigen zu könen. Die dort maßgebenden Figuren 4 und 5 zeigen in spermatogenen Zellen angeblich 4 große bandförmige Chromosomen. In Wirklichkeit hat aber *A. laevis* nur punkförmige Chromosomen. Die Bänder der Figuren 4 und 5 sind wahrscheinlich Gruppen von Chromosomen. Alle anderen Figuren des Verfassers sprechen für eine höhere Chromosomenzahl als 4. In eigenen Präparaten habe ich selbst bei den Kernteilungen junger Antheridienzellen 8 Chromosomen zählen können.

Literaturverzeichnis.

1. CAMPBELL, D. H., The Structure and Development of Mosses and Ferns. New York 1918. Chapter LV. pp. 120—145.
2. DAVIS, B. M., The Sporemothercell of *Anthoceros*. Bot. Gaz. Vol 28. 1899. pp. 89—108.
3. GOEBEL, K., Organographie der Pflanzen. II. Teil. Jena 1915.
4. HOFMEISTER, W., Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen. Leipzig 1851. S. 1—10: *Anthoceros laevis* und *A. punctatus*.
5. LEITGEB, H., und WALDNER, M., Untersuchungen über die Lebermoose. 5. H. Die Anthoceroteen. Graz 1879.
6. LOTSY, J. P., Vorträge über Botanische Stammesgeschichte. Jena 1909. II. Bd. S. 60—74.
7. MÜLLER, K., Die Lebermoose Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. In RABENHORSTs Kryptogamenflora. 2. Aufl. 1906—1916. Bd. VI. II. Abt. S. 682—705.
8. NĚMEC, B., Das Problem der Befruchtungsvorgänge und andere zytologische Fragen. Berlin 1910.
9. SCHERRER, A., Untersuchungen über Bau und Vermehrung der Chromatophoren und das Vorkommen von Chondriosomen bei *Anthoceros*. Flora 1915.
10. SCHIMPER, A. F. W., Untersuchungen über die Chlorophyllkörper und die ihnen homologen Gebilde. PRINGSH. Jahrb. f. wiss. Bot. 1885. 16.

37. Julius Schwemmle: Vergleichend zytologische Untersuchungen an Onagraceen.

(Mit Tafel I und 1 Abbildung im Text.)
(Vorläufige Mitteilung.)
(Eingegangen am 22. April 1924. Vorgetragen in der Junisitzung.)

In Erweiterung der Befunde von LEHMANN konnte ich große Verschiedenheiten der Sterilitätserscheinungen bei *Epilobium*-bastarden feststellen und die Verhältnisse histologisch klären. Es lag durchaus nahe, die histologischen Befunde durch zytologische Untersuchungen der Bastardformen zu ergänzen, um auf diese Weise gesicherte Tatsachen für eine Erklärungsmöglichkeit zu erhalten. Da aber bislang noch keinerlei zytologische Angaben über *Epilobium*arten vorlagen, waren zuerst die verwendeten Eltern zu untersuchen. Von besonderer Wichtigkeit mußte die Feststellung der Chromosomenzahlen sein, nachdem LEHMANN über eine Form aus der F_3 seiner *montanum-parviflorum*-Kreuzungen berichtet hat, die ihrem ganzen Habitus nach als *gigas*-Form angesprochen werden konnte; daraufhin weist auch die Vierhöckrigkeit der Pollen und die Größe der Pollenmutterzellkerne, verglichen mit denen der Eltern. Schon bald nach Beginn der Untersuchungen zeigte sich, daß der Modus der Reduktionsteilung von den bei den meist untersuchten Onagraceen, den Oenotheren, geschilderten Verhältnissen abwich. Für diese hatten die Autoren alle übereinstimmend eine Herausbildung der Chromosomen in Form von Ketten (*O. Lam.*, *biennis* u. a.) oder Ringen (*O. grandiflora*, *franciscana*) feststellen können, und da die Chromosomen in diploider Zahl auftraten, eine Bindung end to end angenommen, wie das MAC AVOY auch bei seinen Fuchsien-Untersuchungen tat. Hingegen hatte TÄCKHOLM in seiner Arbeit über *Lopezia coronata* Angaben über die Herausbildung der Chromosomen gemacht, die eine parasyndetische Lagerung der Chromosomen als möglich erscheinen ließ. Er findet schon in später Synapsis bei Entwirrung des Knäuels eine deutliche Längsspaltung des Spiremfadens, wenngleich nicht in dessen ganzem Verlauf. Da aber in der Diakinese typische Gemini auftreten, so schien ihm die Parasyndese für sein Objekt genügend bewiesen. Jedoch konnten gerade die entscheidenden Stadien zwischen der angegebenen Spaltung des Spirems und der Bildung der bivalenten Chromosomen nicht dar-

gestellt werden, und so war das Vorkommen von Parasyndese bei Onagraceen angesichts der vielen ausgezeichneten Untersuchungen an Oenotheren mit gegenteiligem Ergebnis nicht hinlänglich gesichert. Es ergab sich somit die Notwendigkeit, die Untersuchungen an Epilobien vergleichend zu erweitern, um die Frage, ob innerhalb einer Familie prinzipielle Unterschiede hinsichtlich des Modus der Reduktionsteilung vorhanden sind, beantworten zu können. Es erübrigte sich wohl, die vorhandenen Angaben über die Oenotheren nachzuprüfen. Da aber die sicher homozygotische *O. Hookeri* noch nicht eingehend untersucht war, schien mir diese Form ein geeignetes Objekt zu vergleichender Untersuchung zu sein. Des weiteren wählte ich *O. rosea* und *O. glauca*, die infolge ihrer anderen systematischen Stellung möglicherweise einen anderen Verlauf der Reduktionsteilung aufweisen konnten.

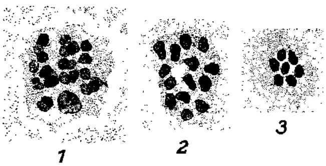
Es kann nicht die Aufgabe dieser Mitteilung sein, den Verlauf der Reduktionsteilung bei den genannten Formen ausführlich darzustellen, sondern ich beschränke mich, in großen Zügen denselben für *E. parviflorum* zu schildern und bei den anderen Objekten nur die für die Fragestellung wichtigsten Stadien zu behandeln. Bei allen Formen wurden die Teilungen in den Pollenmutterzellen untersucht, die sich von denen der Embryosackmutterzellen nicht wesentlich unterscheiden.

Bei *Epilobium parviflorum* tritt nach den letzten, sehr schwer zu fassenden Teilungen der Archesporzellen ihr Kern als typischer Ruhekern auf. Vereinzelte, in ihrer Zahl nicht sicher festzustellende Chromatinteile sind durch äußerst zarte Fäden miteinander verbunden. Allmählich werden diese deutlicher und zahlreicher, bis ein mit vielem Chromatin besetztes Netzwerk auftritt. Dieses beginnt sich an einer Stelle von der Kernwand loszulösen und allmählich nahe dem Nukleolus zu einem dichten Knäuel zusammenzuballen, dessen genauere Struktur kaum völlig zu klären sein dürfte. Dieses Stadium des synaptischen Knäuels hält lange Zeit an. Dann tritt eine Auflockerung ein und einzelne herausragende Schlingen lassen die Vermutung eines einheitlichen Spirems zu, das bei fortschreitender Entwirrung deutlicher hervortritt, zumal gleichzeitig damit eine Verkürzung und Verdickung verbunden ist. Zuletzt erfüllt ein relativ dicker Faden von ziemlich gleichmäßigem Bau die Kernhöhle. Dieser zerfällt hierauf in Segmente, deren Zahl bis jetzt noch nicht sicher festgestellt werden konnte. Während und nach der Segmentation beginnt sich das Chromatin des Fadens zu kleinen Teilen zu sammeln, die ihm eine typische Perlstruktur verleihen können (Abb. I, 1). Nunmehr tritt eine deutliche Längs-

spaltung der Segmente ein (Abb. I, 2), die fortschreitend zu einer Lockerung der beiden Komponenten führt, bis zuletzt nach mannigfachen Zwischenstadien das in Abb. I, 3 dargestellte Stadium resultiert, bei welchem von den einzelnen Komponenten nichts mehr zu erkennen ist und nur ein dünnes Fadenwerk mit größeren darauf gelagerten Chromatinteilen auftritt. Hierauf beginnt die Herausbildung der Chromosomen: Einzelne Teile beginnen durch stärkere Chromatinansammlung kompakter zu werden und auch die Parallellagerung tritt, wenn auch nicht sehr ausgesprochen, wieder auf (Abb. I, 4). Durch weiterschreitende Konzentrierung des Chromatins bilden sich allmählich die Chromosomen heraus, die in mannigfacher Form doch die Bivalenz und teilweise Nebeneinanderlagerung der Komponenten erkennen lassen. Ihre Zahl ist jedoch infolge der nunmehr häufiger auftretenden Klumpen von oft ähnlicher Gestalt und Färbung, die kleine Nukleolen darstellen dürften, schwer festzustellen (Abb. I, 5 und 6). Erst wenn die Kernwand sich aufzulösen beginnt und in der Kernhöhle Spindelfasern in unregelmäßiger Weise auftreten, kann man 18 Doppelchromosomen erkennen, deren Partner mannigfache gegenseitige Lagebeziehung zeigen und hinsichtlich ihrer Größe im Vergleich zu vorhergehenden Stadien stark reduziert sind (Abb. I, 7). Noch einwandfreier läßt sich die Zahl 18 feststellen, wenn sich die Chromosomen in der anfänglich im Kernhohlraum ausgebildeten multipolaren, mehr und mehr bipolar werdenden Spindel zur Äquatorialplatte der Metaphase einordnen, wo sie dann ihre endgültige Form erreicht haben und ihre Bivalenz an einer Einschnürung in der Mitte deutlich erkennen lassen. Abb. II, 1 zeigt eine Äquatorialplatte der ersten Teilung vor der Spaltung in univalente Chromosomen. Die folgenden Stadien zeigen durchaus normale Verhältnisse. Abb. II, 2 und 3 gibt die zwei zusammengehörigen Anaphasenplatten mit je 18 teilweise gespaltenen Chromosomen wieder und Abb. II, 4 die Äquatorialplatte der zweiten homoeotypischen Teilung mit gleicher Zahl, so daß die haploide Zahl 18 für *E. parviflorum* sicher feststeht. Dieselbe Zahl haben alle bisher untersuchten Arten, nämlich *E. roseum*, *E. montanum*, *E. aduatum* und *E. hirsutum* (Abb. II, 12—15).

Einen wesentlich anderen Verlauf der Reduktionsteilung zeigen die weiter untersuchten Formen, *O. glauca* und *O. rosea*. Die erstere erwies sich für die Untersuchung insofern als weniger geeignet, als die haploide Chromosomenzahl 14 (vgl. Textabb.) ein einwandfreies Verfolgen der entscheidenden Stadien wesentlich erschwerte. Es mag hier nur noch erwähnt werden, daß die Kerne der Pollen-

mutterzellen entsprechend der erhöhten Chromosomenzahl verglichen mit denen von *O. rosea* ein ungleich größeres Volumen besitzen. Klarere Verhältnisse zeigt letztgenannte Form, deren haploide Zahl 7 aus somatischen Platten, Äquatorialplatten der ersten und zweiten Teilung in Pollenmutterzellen einwandfrei ermittelt wurde. Es mag im voraus erwähnt werden, daß der Verlauf der Kernteilung im wesentlichen ganz außerordentlich dem für *O. Lam.* und *O. biennis* geschilderten gleicht. Um so mehr wird die Beschränkung auf die wichtigsten Stadien ermöglicht. Nach den durchaus typisch verlaufenden präsynaptischen und synaptischen Stadien sehen wir einen dichten, von einem dicken



1—2. *Oen. glauca.* 1. Äquatorialplatte. 2. Eine Anaphasenplatte der heterotypen Teilung. 3. *Oen. Hookeri.* Anaphasenplatte derselben Teilung.

Spirem gebildeten Knäuel, aus dem zu Beginn der Entwirrung einzelne Schleifen herausragen, die schon bald hellere, chromatinärmere und zumeist etwas dünnere Stellen als Zeichen der beginnenden Segmentation erkennen lassen (Abb. III, 1). Bei weiter fortgeschrittener Entwirrung kann man, wie aus Abb. III, 2 ersichtlich ist, eine Kette von langen Segmenten erkennen, die durch zarte Fäden noch zusammenhängen. Es ist nicht immer ganz leicht, die Zahl derselben festzustellen, doch nähert sich dieselbe immer etwa 14, jedenfalls können immer mehr als 7 Segmente gezählt werden. Einwandfrei lassen sich die end to end verbundenen Chromosomen in späteren Stadien zählen, wenn sie sich mehr und mehr kondensiert haben (Abb. III, 3), desgleichen in der frühen Metaphase, wo die Chromosomen deutlich noch in kleinen Gruppen zusammenhängen können. Daß es sich bei der ersten Teilung um Trennung hintereinander liegender Chromosomen handelt, kann man durch genaue Beobachtung der aufeinander folgenden Metaphasenstadien klar erkennen. Bei Beginn der Anaphase, die Abb. III, 4

wiedergibt, zeigen die Chromosomen die für die Oenotheren typische Gestalt, welche durch die als Vorbereitung für die zweite Teilung dienende Spaltung bedingt ist.

Wieder einen anderen Verlauf zeigt *O. Hookeri* mit der haploiden Zahl 7 (Textabb.). Auch hier haben wir nach typischen Prophasen einen dichten Spiremknäuel, aus dem sich Fadenschlingen heraussondern (Abb. III, 5), die dann jeweils abbrechen und als lange, auf einer Seite offene Schleifen erkennbar sind, um sich hernach zu einem Ring zu schließen. Abb. III, 6 zeigt 7 noch nicht ganz typische, große Ringe, wie sie dann in gleicher Zahl nach vorausgegangener Verkleinerung und Verdichtung in einem späteren Stadium in Abb. III, 7 wiedergegeben sind. Daß die Ringe aus zwei Chromosomen bestehen, kann man häufig daran feststellen, daß zwei halbe Ringe mit zwei dünnen Verbindungsstellen erkennbar sind. Nach Auflösung der Kernwand und beginnender Einordnung in die Äquatorialplatte ist die Kondensation der Ringe noch weiter fortgeschritten, vielfach sind sie als solche kaum noch zu bezeichnen (vgl. Abb. III, 8). Diese Art zeigt also ähnliche Verhältnisse wie die von DAVIS untersuchte *O. grandiflora*, während bei *O. franciscana* nach CLELAND fünf aus je zwei Chromosomen bestehende Ringe und ein großer Viererring auftritt.

Fassen wir die Ergebnisse zusammen, so ist nicht zu bezweifeln, daß für die untersuchten Formen in Übereinstimmung mit den vorliegenden Ergebnissen eine end-to-end-Bindung der Chromosomen angenommen werden muß, während *Epilobium* dem parasyndetischen Schema folgt. Ich behalte mir vor, den Verlauf der Reduktionsteilung bei den genannten Formen ausführlicher darzustellen und die Untersuchung auf einige weitere Arten der Familie der Onagraceen auszudehnen, um daraus dann die theoretischen Folgerungen zu ziehen.

Tübingen, Botanisches Institut, 17. April 1924.

Literatur.

1. CLELAND, R. E., The reduction divisions in the pollen mother cells of *Oenothera franciscana*. Amer. Journ. of Bot. **9**, 1922, S. 391–412.
2. DAVIS, B. M., Cytological studies on *Oenoth.* I–III. Ann. of Bot. **23**, 1909, S. 551–571; **24**, 1910, S. 631–651; **25**, 1911, S. 941–974.
3. MAC AVOY, B., The reduction division in *Fuchsia*. Ohio Nat., **13**, 1912, S. 1–18.
4. TÄCKHOLM, G., Zur Kenntnis der Embryosackentwicklung von *Lopezia coronata* Andr. Svensk. bot. Tidskrift, **8**, 1914, S. 223–234.

Tafel-Erklärung.

Abb. I. *E. parviflorum.* 1. Segmentierung des postsynaptischen Spirems. 2. Längsspaltung der Segmente. 3. Kern vor Bildung der Chromosomen. 4. Beginnende Sonderung der bivalenten Chromosomen. 5 und 6. Bildung der Chromosomen. 7. Späte Diakinese.

Abb. II 1—4. *E. parvifl.* 1. Äquatorialplatte der heterotypischen Teilung. 2 und 3 Zwei zusammengehörende Anaphasenplatten derselben Teilung. 4 Äquatorialplatte der homoeotypischen Teilung. 5—8. Äquatorialplatten der heterotypischen Teilung von *E roseum* (5), *E. montanum* (6), *E. adnatum* (7), *E. hirsutum* (8)

Abb. III. 1—4. *Oen. rosea.* 1. Beginnende Entwirrung des dichten Knäuels. 2. Segmentation des Spirems. 3. Kette von 14 hintereinanderliegenden Chromosomen. 4. Spindel der heterotypischen Teilung. 5—8. *Oen. Hookeri.* 5. Entwirrung des dichten Knäuels. 6. Bildung der 7 Ringe. 7. Diakinese. 8. Multipolare Spindelanlage der 1. Teilung.

(Vergr. Öl Imm. $^1/_{16}$ Leitz, Komp. Ok. 12 Zeiss, Tubus 160. Verkl. auf $^2/_3$.)

---

38. E. Heinricher: Zum Parasitismus der Rhinantheen.

(Eingegangen am 29. April 1924. Vorgetragen in der Maisitzung.)

In diesen Berichten (1922, S. 273) veröffentlichte S. KOSTYTSCHEW eine vorl. Mitteilung „Über die Ernährung der grünen Halbschmarotzer". Ich hätte schon damals Einwendungen in sachlicher Hinsicht und betreffend die oberflächliche Behandlung der Literatur (z. B. war die wichtige, die Transpiration behandelnde Arbeit SEEGERs[1]) gar nicht erwähnt) erheben können, wollte aber die angekündigte ausführliche Abhandlung abwarten. Nunmehr ist sie in den Beiheften zum Botan. Centralblatt (Bd. XL, I. Abt., 1924, S. 351—373) erschienen. Ich kann mit den Ergebnissen, die K. gewann, zufrieden sein, denn sie enthalten im Wesen eine durchgehende Bestätigung meiner Untersuchungen, die in sechs umfangreicheren Abhandlungen, ab 1897 bis 1910, in den Jahrbüchern für wiss. Bot. erschienen sind und auf langjährigen Kulturerfahrungen mit verschiedenen Vertretern der genannten Parasitengruppe, sowie auf mit ihnen durchgeführten Versuchen fußen. Unter anderem ist in ihnen wiederholt die Leistungsfähigkeit des Blattwerks in assimilatorischer Hinsicht behandelt und erklärt worden, daß diese bei den meisten Gattungen und

1) Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien 1910, 119. Bd., Abt. I.

Arten (ausgenommen vor allem *Tozzia*) eine normale ist. Das war wichtig, weil BONNIER auf Grund gasanalytischer Untersuchungen zu fast gänzlich entgegengesetzter Auffassung gelangt war. Hier setzen nun die sehr willkommenen und verdienstlichen Untersuchungen KOSTYTSCHEWs ein und bringen auch auf gasometrischem Wege zahlenmäßig den Beweis, daß BONNIER Irrungen anheimgefallen ist, die sich offenbar auf Verwendung ± welker Blätter bei seinen Versuchen zurückführen lassen. Sein Verdienst sucht aber KOSTYTSCHEW dadurch zu heben, daß er meine Versuche und die SEEGERs (auf deren Anführung er aber gänzlich verzichtet) als nicht hinreichend darzustellen strebt, um aus ihnen auf eine volle assimilatorische Leistung schließen zu können. Am schärfsten tritt das in dem Satze S. 371 hervor: „Was früher *nicht mehr als eine sehr wahrscheinliche* Voraussetzung war, ist jetzt zur Gewißheit erhoben." Das erscheint mir nun wohl etwas zu weit gegangen, und daß auch andere Forscher meine Beweise höher werteten, mögen nachstehende Zitate belegen. NATHANSOHN erwähnt in seinem Werke „Der Stoffwechsel der Pflanzen" (Leipzig 1910, S. 289) meine Studien und sagt: „Aus diesen Untersuchungen geht zunächst eines hervor: daß diese Pflanzen tatsächlich entsprechend ihrem Chlorophyllgehalt zur Kohlensäureassimilation in ausgiebigstem Maße befähigt sind; das hat zuletzt HEINRICHER in einwandfreien Versuchen gezeigt. Dem entspricht auch, daß nach seinen Beobachtungen diese sogenannten »Halbschmarotzer« von der Beleuchtung in hohem Grade abhängig sind." Weiters äußert sich CZAPEK (Biochemie d. Pflanzen, 2. Aufl., Bd. I, 1913, S. 610): „und auch nach den Untersuchungen von HEINRICHER und SEEGER kann man diesen sich durch Wurzelhaustorien ernährenden Gewächsen nur eine *vollkommen normale Chlorophylltätigkeit zuschreiben.*"

Am Eingange seiner zweiten Mitteilung sucht K. die Notwendigkeit seiner gasanalytischen Untersuchung zu begründen und gibt mit eigenen Worten dort einen Ausspruch PFEFFERs aus der 2. Aufl. der Pflanzenphysiologie, Bd. I, S. 352 (Leipzig 1897) wieder, jedoch nur die zweite Hälfte des Satzes, die erste ist verschwiegen. Es heißt dort, nach Nennung von *Euphrasia*, *Rhinanthus*, *Thesium*: „Da jene Pflanzen aus dem Boden Wasser und Nährsalze ausreichend gewinnen und durch die Tätigkeit des Chlorophyllapparates auf das beste mit Kohlehydraten versorgt werden (§ 52), so liegt die Vermutung nahe, daß sie darauf angewiesen sind, auf parasitärem Wege organische Verbindungen des Stickstoffs oder auch gewisse Aschenbestandteile

zu beziehen." Dies schrieb PFEFFER 1897, wo im gleichen Jahre die erste meiner Abhandlungen erschienen ist, in der die Assimilationsfrage noch nicht berührt war. PFEFFER urteilte über das Assimilationsvermögen offenbar auf Grund des voll entwickelten Laubwerkes der meisten Rhinantheen und weiters auch zufolge in seinem Institut gemachter Versuche, auf die in der Pflanzenphysiologie I, 287, kurz hingewiesen ist. Es heißt dort: „auch die Chloroplasten von *Euphrasia officinalis* (nach Beobachtungen im Leipziger Institut) assimilieren recht kräftig, werden aber durch äußere Eingriffe ziemlich leicht inaktiv."

Neben PFEFFER, dessen K. nicht zusagender Teil des Ausspruches, wie gesagt, verschwiegen ist, beruft sich KOSTYTSCHEW weiter auch auf JOST, der in der ersten Auflage (vielleicht noch in der zweiten?) der „Vorlesungen über Pflanzenphysiologie" (Jena 1904) in Zweifel zog, ob die eigene assimilatorische Tätigkeit der grünen Rhinantheen ausreichend sei, übersieht aber, daß JOST später diese Zweifel behoben fand, denn in der 3. Aufl., 1913, S. 246, sagt er: „Die Bedeutung des Parasitismus für diese Pflanzen liegt zweifellos darin, daß sie aus ihren Wirtspflanzen anorganische Nährsalze aufnehmen, die ihnen durch ihre schwach entwickelten und haarlosen Wurzeln nicht in genügender Menge zur Verfügung gestellt werden dürften. Wenn es auch nicht ausgeschlossen erscheint, daß sie gelegentlich, namentlich in ihrer Jugend, aus den Wirten auch organische Stoffe aufnehmen, so hat doch die große Mehrzahl von ihnen jedenfalls die Fähigkeit, mit ihren grünen Laubblättern reichlich CO_2 zu assimilieren." (Zitiert: HEINRICHER, 1910, Jahrb. wiss. Bot. 47. SEEGER, 1910, Sitzungsber. Wien. Akad. 119 [I].)

K. gesteht zwar zu, „daß die photosynthetische Potenz der verschiedenen *Melampyrum*- und *Alectorolophus*-Arten durch HEINRICHER außer Zweifel gestellt ist", bezweifelt aber, ob sie durch ihn auch als für ihr Bedürfnis ausreichend erwiesen werde. K. zieht eben die oben von CZAPEK und JOST zitierten Arbeiten H.s und SEEGERs, welche die schlagendsten Beweise brachten und von den früher genannten Forschern als sichergestellte gewertet wurden, gar nicht heran.

Ich habe auf die Schwierigkeiten hingewiesen, die für die gasometrischen Versuche bei den Blättern der Rhinanthaceen durch ihr rasches Welkwerden gegeben sind, nicht, um damit mein Absehen von diesen zu begründen, sondern die auf solche Weise entstandenen irrigen Angaben BONNIERs zu erklären. Der Grund, daß ich gasanalytische Versuche nicht durchführte, lag

einzig in der primitiven Verfassung des alten botanischen Institutes, dem jegliche Räume für physiologische Untersuchungen und alle Apparatur fehlte[1]). Daß die oben genannten Schwierigkeiten überwindbar sind, habe ich gezeigt und dabei den gleichen Weg betreten, wie KOSTYTSCHEW ihn zur Gewinnung brauchbaren Materials benützte. In dem Versuch, der zeigte, daß ein entstärkter Sproß von *Alectorolophus* im CO_2-freien Raum am Lichte keine Stärke produziert, wohl aber im Parallelversuch bei CO_2-haltiger Luft, habe ich die zum Versuche unter Wasser abgeschnittenen Sprosse nicht stunden-, sondern tagelang frisch erhalten.

Manche Sätze sind bei KOSTYTSCHEW zu allgemein gehalten und nehmen zu wenig Rücksicht auf die Ergebnisse meiner Untersuchungen. So z. B. S. 363, wo es heißt: „Die Resultate sämtlicher Versuche zeigen deutlich, daß die Photosynthese bei Rhinanthaceen mit großer Energie verläuft und jedenfalls nicht geringer ist, als diejenige der autotrophen Pflanzen aus derselben Familie." Allgemein trifft das nicht zu, sicher nicht für *Tozzia;* auch für *Melampyrum pratense*, zumal in der Jugendperiode, ist es sehr zweifelhaft. Ich war bestrebt, den Werdegang des Parasitismus aufzudecken und Übergänge in der Vorgeschrittenheit nachzuweisen[2]). Die Anzeichen, die sich bei der Kultur in bezug auf größere oder geringere Selbständigkeit in der Ernährung ergaben, erwiesen sich als übereinstimmend mit der größeren oder geringeren Vollkommenheit des Assimilationssystems. SEEGER, der leider dem Kriege zum Opfer gefallen ist, hat eine solche Untersuchung durchgeführt, auch ein Manuskript mit Tafeln fertiggestellt, das aber leider verschollen ist. Er weist in der früher genannten Arbeit S. 2 auf diese Untersuchung auch hin und sagt, daß *Euphrasia Rostkowiana*, die sich in den Kulturen am anspruchsvollsten erwies, dementsprechend auch das wenigst entwickelte Assimilationssystem besitzt. Ferner ist in unserem Institut eine von SEEGER gezeichnete Wandtafel, die auf Grund seiner anatomischen Studien des Blattbaues, zum Vergleich den der drei *Melampyrum*-Arten: *pratense* (jetzt *vulgatum*), *silvaticum* und *arvense*, darstellt. Letzteres ist sehr selbständig, am besten auf Annuellen, wie *Capsella Bursa pastoris*, oder Getreide gedeihend, auf Holzpflanzen in der Entwicklung stark zurückbleibend, weist

1) Vgl. E. HEINRICHER: „Das neue botanische Institut der Universität Innsbruck" (Jena, G. FISCHER, 1914, S. 4 u. 5).

2) Man vergleiche meine zusammenfassende Darstellung „Zur Physiologie der schmarotzenden Rhinantheen, besonders der halbparasitischen". (Naturwissenschaften, 5. Jahrg., 1917, S. 113 ff.)

oberseits zwei Lagen von Palisaden auf; *M. vulgatum* und *M. silvaticum*, ersteres Holzpflanzen als Nährpflanzen direkt fordernd, letzteres nahezu auch nur auf solchen aufkommend, zeigen nur eine Palisadenschicht[1]). (Im Blatte von *Tozzia* ist auch diese verschwunden.) Es wäre sehr dankenswert gewesen, wenn KOSTYTSCHEW auch Arten mit abgestuft verschieden hoch differenziertem Assimilationssystem einer gasanalytischen Kontrolle unterzogen hätte.

Eigenartig berührt auch die folgende Äußerung. Nachdem eine gelegentliche Aufnahme organischer Substanz aus den Wirtspflanzen zugegeben wird, heißt es weiter: „Namentlich eine allmähliche Zunahme der Bedeutung von diesem anfangs unwesentlichen Vorgange ist, meiner Meinung nach (Sperrung von mir. H.), die Ursache des Fortschrittes der parasitischen Lebensweise und der damit zusammenhängenden Reduktion der vegetativen Organe." Keine Andeutung davon, daß ich diesen Ausspruch schon in meiner zweiten Studie, 1898, getan habe. Dort sind S. 450 die Leitgedanken über den Werdegang des Parasitismus schon ausführlich und präzise wiedergegeben. Im speziellen sage ich S. 451: „Der Einbruch in die Wirtswurzeln liefert zum Teil auch plastisches Material. Das Eindringen in an Reservestoffen reiche Organe kann zur Aufnahme größerer Mengen plastischen Materials geführt und damit auch den Anstoß zur Reduktion der Assimilationsorgane gegeben haben etc."

Gehen wir nun zu einer anderen Frage über. Die starke *Transpiration der grünen Rhinantheen erschloß sich mir durch* Beobachtungen. Angeregt durch mich, hat sie SEEGER in der schon zitierten Abhandlung durch Versuche nicht nur bestätigt, sondern als in einem kaum vermuteten Ausmaße vorhanden nachgewiesen. Auch die von KOSTYTSCHEW, in anderer Weise zum Teil, durchgeführten Versuche bestätigen sie.

K. hat quantitative Bestimmungen der Wasseraufnahme durch die Wurzeln zu gewinnen gesucht. „Die zu untersuchenden Pflanzen habe ich behufs möglichster Schonung des Wurzelsystems samt einem Bodenklumpen herausgenommen und samt dem Boden ins Potetometer hineingetan." Der die Wurzeln umgebende Boden mußte vollständig mit Wasser gesättigt werden, damit keine Luftblasen mit dem Boden ins Potetometer gelangen. Dann wurde in

---

1) Wieder entspricht KOSTYTSCHEWs Angabe: „Noch weniger selbständig sind die *Melampyrum*-Arten, welche auf Kosten von annuellen Pflanzen nicht ganz gut gedeihen", nicht den tatsächlichen Verhältnissen, wie aus dem oben Gesagten erhellt.

bestimmten Zeiten die Ablesung der aufgenommenen Wassermenge vorgenommen. Sie fiel bei den geprüften Rhinantheen verhältnismäßig sehr gering aus. Mit der gleichen Pflanze folgte aber dann der *zweite Versuch:* Der Sproß wurde unter Wasser von der Wurzel getrennt, wieder in das Potetometer eingestellt und die Wasseraufnahme bestimmt. Diese war nun verhältnismäßig sehr bedeutend, z. B.:

Melampyrum pratense.

Wasser eingesogen in 15′.	1. Wurzel	1,5;	1.5.
	2. Sproß	10,0;	10,0.

KOSTYTSCHEW *deutet diese bedeutende Differenz als Ausdruck* des Unvermögens der Wurzeln, eine ausgiebige Wassermenge zu heben. Das ist ja, wenn man von den Haustorien absieht, zweifellos richtig, denn nur mit den Haustorien arbeiten diese Parasiten. Ich meine aber, daß die geringe Wasseraufnahme im ersten Teil des Versuches darauf beruht, daß im ausgehobenen Bodenballen das Wurzelsystem der Wirtspflanzen sowohl als auch des Parasiten, entgegen der Annahme K.s, schwer geschädigt wurde, in besonders hohem Maße bei *Melampyrum pratense,* das auf Wurzeln von Lignosen aufsitzt. Bei den Wirtspflanzen werden vielfach die für die Wasseraufnahme in Betracht kommenden Spitzen der Wurzeln abgestochen, am Wurzelwerk des Parasiten durch unvermeidliche Zerrungen die Verbindungen der Haustorien mit den Nährwurzeln abgerissen oder geschädigt worden sein. In den Wasserleitungsröhren des Wirtes wird also wohl schon eine Unterbrechung der Wasserkontinuität stattgefunden haben und ein normaler Wassernachschub unterbunden sein. Der Parasit findet demnach, auch bei intakt gebliebenen Haustorien, nicht den entsprechenden Vorrat von Wasser, es stellt sich ein Defizit ein. Die Folge dieses ist, daß dann am abgeschnittenen Sproß die Saugung plötzlich eine so *starke ist. Bei längerer* Dauer des Versuches würde *sie* aber wohl bald wieder abnehmen. Ich meine, daß K. hier eine dritte Versuchsreihe hätte einschalten sollen; es wäre die Saugung eines unter Wasser abgeschnittenen Parasitensprosses unmittelbar nach der Entnahme von der intakt im Boden wurzelnden Pflanze mittels des Potetometers zu bestimmen gewesen.

Seine Beobachtungen veranlassen KOSTYTSCHEW, das wesentliche im Parasitismus der Rhinantheen in der Wasseraufnahme aus den Wirtspflanzen zu erblicken. Ich führe einige seiner Sätze an. S. 370: „Aus allen in vorliegender Mitteilung beschriebenen Versuchen können wir also mit voller Bestimmtheit schließen, daß grüne Halbschmarotzer der Nährpflanze in erster Linie Wasser

entnehmen, da eine direkte Wasseraufnahme aus dem Boden zu den Bedürfnissen der Parasiten nicht ausreicht." S. 371: „Ein geringer Unterschied zwischen HEINRICHERscher Auffassung und meinem Standpunkt besteht vielleicht darin, daß H. einen großen Wert auf die Nährsalzaufnahme von der Wirtspflanze legt, ich dagegen namentlich das Bedürfnis nach flüssigem Wasser als Veranlassung zu parasitischer Lebensweise betrachte."

Diese Aussagen wiederholen sich im 3. und 4. Punkt der Zusammenfassung. Der 4. lautet: „Es liegt überhaupt die Annahme nahe, daß namentlich Eigentümlichkeiten der Wasserbilanz als Grundursache der parasitischen Lebensweise bei Samenpflanzen anzusehen sind."

Ich halte die Auffassung KOSTYTSCHEWs für nicht zutreffend und den Unterschied zwischen seiner und meiner für bedeutender, als K. meint. Wir stimmen im Punkte 2 seiner Zusammenfassung überein: „Die Wasseraufnahme aus dem Boden ist unzureichend." *Nun ist aber Wasseraufnahme und Nährsalzaufnahme nicht trennbar.* Welche wichtige Rolle die Nährsalze spielen, ist doch bekannt, und es kann nicht bezweifelt werden, daß Wasserbezug allein die Existenz des Parasiten nicht zu unterhalten vermöchte. Wir dürfen auch nicht annehmen, daß die auffällig hohe Transpiration der grünen Rhinantheen (wie es K. zu tun scheint) das primär Gegebene bei ihnen war, sondern sie ist als Folge, als Anpassung an den Parasitismus zu deuten und erhält erst so einen Sinn. Übermäßiger Transpiration zu begegnen, dafür haben ja die Pflanzen Mittel in Hülle und Fülle. Die Rhinantheen haben aber davon keinen Gebrauch gemacht, im Gegenteil nur Einrichtungen aufzuweisen, welche die Transpiration begünstigen. K. übersieht auch völlig den so funktionstüchtigen und geförderten Hydathodenapparat, den sie als allfälligen Notbehelf besitzen, um eine Wasserdurchströmung und damit den Nährsalzbezug auch bei verhinderter Transpiration durch Guttation zu ersetzen. SEEGER hat auf die Bedeutung der Hydathoden und ihre Reichlichkeit bei den grünen Rhinantheen ausführlich hingewiesen. Es ist aber wohl auch am Platze, *in Erinnerung zu bringen, daß die Hydathoden in der* vollkommensten Weise auch bei *Tozzia* und *Lathraea* vorhanden sind und, bei ersterer während der ganzparasitischen Periode, bei letzterer während der ganzen Lebenszeit, ja fast gänzlich als Ersatz für die Transpiration aufzukommen haben. Auch glaube ich, daß von K., aber auch von anderen Autoren, viel zu sicher von einer starken Reduktion des Wurzelsystems der Rhinantheen gesprochen wird. Meiner Ansicht nach betrifft die Reduktion nicht so sehr

die Maße des Wurzelsystems, als die allerdings sehr maßgebende Reduktion, die im Fehlen der Wurzelhaare gelegen ist[1]).

Es ist außerordentlich schwierig, ja unmöglich, ein halbwegs vollständiges Wurzelsystem einer grünen Rhinanthee aus dem Wurzelfilz der Nährpflanzen herauszupräparieren. Am besten gelingt das noch bei dem Ganzschmarotzer *Lathraea*, und die Präparate, die unsere Institutssammlung, speziell von *L. squamaria*, enthält, belehren, daß das Wurzelsystem sehr reich entwickelt ist.

Über den Werdegang des Parasitismus halte ich noch heute den Gedanken für richtig, den ich schon 1898 in den Schlußsätzen meiner zweiten Rhinantheen-Studie ausgesprochen habe: „Primitive Haustorienbildung muß den Parasitismus dieser Pflanzen eingeleitet haben. Erst damit war einerseits der Anstoß zur Reduktion der Wurzelhaarbildung, d. h. der normalen Wurzeltätigkeit, andererseits zur Vervollkommnung der Saugorgane gegeben.“ Daß tatsächlich eine solche Vervollkommnung auch nachweisbar ist, halte ich für zweifellos. So sind die Haustorien von *Lathraea*, des Endgliedes der Rhinantheen-Reihe, sicher, was Differenzierung betrifft, die höchst entwickelten. *Squamaria* zeigt die Auflösung des Haustorialfortsatzes in Haustorialschläuche, *Clandestina* entwickelt im Haustorialknopf längs der „Tracheidenplatte“ sogar ein Meristem, das eine Vermehrung der leitenden Elemente besorgen kann. (Vgl. *Fig.* 2, *Taf. II*, a. a. O.)[2]).

Für die Entstehung der Haustorien und des Parasitismus der Samenpflanzen war aber Grundbedingung: daß die Wurzeln gewisser Pflanzen (oder andere Organe) Reize, sei es chemische oder Kontaktreize, die von Organen anderer Pflanzen ausgingen, durch Reaktionen beantworteten. Auf diesem Wege mögen in einigen Fällen zunächst Hapteren, in anderen unmittelbar Haustorien entstanden sein.

Innsbruck, Botanisches Institut, im April 1924.

---

1) Man vergleiche die Bilder, die vom Wurzelsystem von *Lathraea*, Taf. II meiner Abhandlung: „Biolog. Studien an der Gattung *Lathraea*“ bringt. Diese Ber., Bd. XI, 1893.

2) E. HEINRICHER: „Anatomischer Bau und Leistung der Saugorgane der *Schuppenwurz-Arten*.“ (*Breslau, J. U. KERNs Verlag, 1895*)

39. Robert Zander: Über bisher unbeachtet gebliebene Digestionsdrüsen von Drosera.

(Mit 1 Abb. im Text.)

(Eingegangen am 29. April 1924. Vorgetragen in der Maisitzung.)

Seit Tagen beobachte ich die langen Blütenschäfte von *Drosera spathulata* und *Drosera capensis* in ihren phototropisch-geotropischen und Wachstumskrümmungen. 20 cm und länger strecken sich die Schäfte aus ihrem schattigen Standort unter 10—30° Steigung dem Licht entgegen und beginnen dann noch ein Stück senkrecht emporzuwachsen, bevor sie die Blüten entfalten. Die von DIELS (Droseraceae IV, 112, aus ENGLERs Pflanzenreich, Liefer. 26, 1906) noch offengelassene Frage über Heliotropismus der Blütenstiele kann hier für mehr als 50 Fälle ausnahmslos dahin beantwortet werden, daß *spathulata* und *capensis* deutlich sichtbar phototropische Krümmungen der Blütenschäfte zeigen.

Neben dieser Beobachtung fällt mir auf, daß sich immer mehr kleine Dipteren an den Blütenschäften festsetzen und von den Tautropfen, mit denen diese Schäfte benetzt sind, nicht wieder fortkönnen. Dieselbe Erscheinung wie an den Blättern denke ich. Meinem Kollegen Dr. GÜNTHER SCHMID, der seit Jahren über *Drosera* arbeitet, ist aus der gesamten *Drosera*-Literatur kein einziger Fall bekannt, in dem diese Erscheinung auch nur erwähnt sei. Ihm verdanke ich daher die Anregung zu der in folgendem zu beschreibenden kleinen Untersuchung.

Anatomische Untersuchung.

Ein Blütenschaft von *spathulata*, mit schwacher Vergrößerung unter dem Mikroskop betrachtet, zeigt von der Basis zur Spitze eine ständige Zunahme an sekretausscheidenden Drüsen. Ein kleiner Stiel, auf den sich ein purpurrot gefärbtes Köpfchen aufsetzt, bildet die Drüse, und über dem Köpfchen erscheint ein großer kugeliger Sekrettropfen (Fig. 1). Epidermispräparate lassen das Stielchen bei stärkerer Vergrößerung zuerst als zweizellig (auf einer Basalzelle ruhend) erscheinen (Fig. 2). Aus Längs- und Querschnitten geht jedoch hervor, daß es — abgesehen von zwei bräunlich gefärbten Basalzellen — vierzellig ist, und zwar zwei Zell-

lagen hoch, deren jede aus zwei Zellen besteht. Jede Einzelzelle ist voll angefüllt mit Plasma, ohne Vakuolen (Fig. 3 und 5). Das *Köpfchen erscheint zuerst als einzige große Zelle*, in der der rote Farbstoff ungleichmäßig verteilt ist (Fig. 3). Präparate, in Glyzerin und Zinksulfocarbolat gelegt, zeigen von Tag zu Tag den Übergang der purpurroten Farbe in hellviolette, so daß das Köpfchen durchsichtiger wird und deutlich jene Zellstruktur der an den Blättern oft beschriebenen Tentakelköpfchen aufweist (Fig. 5). Die Köpfchen sind im Gegensatz zu den zweiseitig symmetrischen der Blatt-Tentakeln hier achsensymmetrisch. Ein abgetrenntes Köpfchen von oben betrachtet zeigt drei konzentrische Kreise von Zellen, deren innerster aus einer, der mittlere durchschnittlich aus 7, der äußere aus ca. 14 Zellen besteht (Fig. 4). Somit stellen sich diese Drüsen als denen der Blätter ähnliche Gebilde dar und nehmen eine Mittelstellung zwischen den Tentakeln und den von FENNER genauer beschriebenen, sitzenden Drüsen ein (FENNER, Flora 93, 1904, p. 395—98).

Diese sessilen Drüsen kommen (wie FENNER sagt: „an allen chlorophyllführenden Teilen", also) auch hier vor (Fig. 8). Bemerkt sei hier noch, daß

1) bei *spathulata* (sowie bei *capensis*) ihre Häufigkeit entsprechend den tentakelähnlichen nach der Spitze hin zunimmt,
2) in allen Präparaten nur solche aus zwei bräunlichen Basalzellen, zwei Stielzellen und zwei Köpfchenzellen beobachtet wurden (Fig. 8),
3) je näher der Basis, die bräunlich gefärbten Köpfchenzellen abgefallen sind, wie es FENNER ausführlich für sessile Drüsen der Blätter entstehungsgeschichtlich beschreibt.

Für *capensis* gilt bezüglich dieser sessilen Drüsen dasselbe. Ihr Vorkommen ist erheblich häufiger; das Verhältnis der sessilen zu den tentakelähnlichen ist nach Querschnitten in halber Schafthöhe (16 bis 35) : (5 bis 9). Auch zeigt *capensis* außerdem eine dichte Wollbehaarung der gesamten Infloreszenz, während die Blätter von *capensis* auf der Unterseite und dem oberen Blattgrund im Verhältnis zu *spathulata* sehr gering mit Wollhaaren bekleidet sind.

Die tentakelähnlichen Drüsen bestehen bei *spathulata* aus einem zweistöckigen = vierzelligen (Fig. 3), bei *capensis* aus einem dreistöckigen = sechszelligen Stiel (Fig. 7) und einem vielzelligen Köpfchen, das bei *spathulata* stets purpurrot, bei *capensis* von hell-

Drosera spathulata.

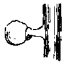


Fig 1.

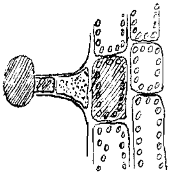


Fig. 2.

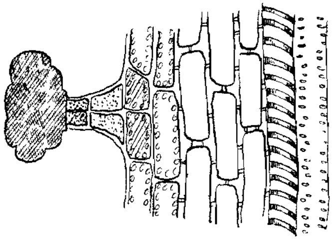


Fig. 3.

Fig 4.

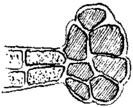


Fig. 5.

Drosera capensis.

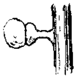


Fig. 6.

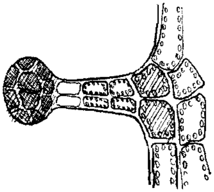


Fig. 7.

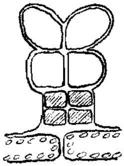


Fig. 8.

Fig. 1. *Drosera spathulata.* Der ganze Blütenschaft unter das Mikroskop gelegt zeigt die Tropfenbildung. Fig. 2. *Dros. spath.* Epidermispräparat vom Blütenschaft. Fig. 3. *Dros. spath.* Längsschnitt durch den Blütenschaft mit sezernierender Drüse. Fig. 4. *Dros. spath.* Drüsenköpfchen von oben gesehen. Fig. 5 *Dros. spath.* Drüse in Glyzerin + Zinksulfocarbolat nach 3 Tagen. Fig. 6. *Drosera capensis.* Der ganze Blütenschaft unter das Mikroskop gelegt zeigt die Tropfenbildung. Fig. 7. *Dros. cap.* Epidermispräparat vom Blütenschaft. Fig. 8. *Dros. cap.* Sessile Drüse des Blütenschaftes.

braun bis purpurrot gefärbt ist. Was ihnen anatomisch die Mittelstellung zwischen sessilen Drüsen und Tentakeln gibt, ist der Aufbau des Stieles, der sich über hellbraun gefärbten Basalzellen erhebt, einerseits und das Fehlen der Gefäße andererseits. Weder auf Längs- noch auf Querschnitten durch den Blütenschaft konnte irgendeine Verzweigung der Gefäße der vier Bündel des Schaftes nachgewiesen werden. (Als Gefäße wurden nicht nur spiralig-verdickte, wie die Literaturangaben für Stengel und Blätter besagen, sondern auch Tüpfelgefäße beobachtet (Fig. 3).) Zur genaueren Untersuchung über den Verlauf der Gefäße wurden einige Blütenschäfte von *spathulata* in satte Eosinlösung gestellt. Nach kurzer Zeit konnte mit bloßem Auge das rasche Emporsteigen der Farblösung in den Gefäßen des durchscheinenden Stengels beobachtet werden, wobei schon mit der Lupe in durchfallendem Licht das Fehlen von Verästelungen festgestellt wurde. Zahlreiche Schnitte in den verschiedenen Höhen des Stengels zeigten deutlich die Rotfärbung der Gefäßwandungen. Bei dem am längsten in Lösung gelassenen Stengel war der Farbstoff durch die zahlreichen Tüpfel der Gefäße und umliegenden Zellen bis in den unter der Rinde liegenden Mantel aus Festigungsgewebe gedrungen. Von Gefäßverzweigungen wurde nichts beobachtet. Was vielleicht für diese Frage noch wichtig ist, ist die Beobachtung, daß die Tentakeln in keinem einzigen Fall in radialer Anordnung mit den Bündeln auftraten, sondern stets unregelmäßig dazwischen verteilt waren.

Somit war für diese Drüsen, sowie für die sessilen des Schaftes nicht einmal das Herantreten einer Tracheide an die Drüse, wie es FENNER *Taf. XIX, Fig. 10, und Taf. XX, Fig. 6 s. D. zeigt, nachweisbar.*

Physiologische Untersuchungen.

Da nun durch Versuche mit Hühnereiweiß von mir nachgewiesen werden konnte, daß diese Drüsen genau so verdauen, wie die Tentakeln der Blätter derselben Versuchspflanzen, müssen diese ebenfalls als Digestionsdrüsen angesprochen werden. Die Tropfenausscheidung und Absorption muß aber hier anders vor sich gehen, als es von FENNER l. c. 401 für Blatt-Tentakeln von *Drosera rotundifolia* beschrieben worden ist. Wenn ich die FENNERschen Beobachtungen über Gestalt und Größe des Tropfens an Blatt-Tentakeln von *capensis* und *spathulata* in gleicher Weise wiederholen konnte, wenn ich ferner zugeben muß, daß bei starker Insolation die Größe der Tropfen an den Blütenschaft-Tentakeln nicht

konstant blieb, sondern mit der Lupe sichtbaren Schwankungen unterworfen war, so bedarf die Sekretionsfrage bezüglich der Teilnahme der Tracheiden einer Revision, da hier die gleiche Tropfenausscheidung auch ohne Anwesenheit von Gefäßzellen hervorgerufen wird. Die Beteiligung von Halskranzzellen, wenn man die beiden obersten Stielzellen diesen gleichsetzen will, kommt hier für die Sekretion ebenfalls nicht in Frage, da sich der Tropfen stets nur kugelförmig über dem flachen Köpfchen erhebt und dieses nie umfaßt (Fig. 1 und 6).

Es bleibt zu untersuchen, wie sich diese Verhältnisse an den Blütenschäften anderer mir z. Zt. hier nicht zugängiger *Drosera*-Arten gestalten, ferner wie sich im FENNERschen Sinne diese Drüsen entstehungsgeschichtlich zu den übrigen allerorts beschriebenen verhalten.

Halle a. S., Bot. Institut, im April 1924.

---

40. Robert Bloch: Über das „Mesekret" von Ilex aquifolium.

(Eingegangen am 26. Mai 1924. Vorgetragen in der Maisitzung.)

Im Mesophyll der immergrünen und mancher sommergrünen Blätter finden sich regelmäßig ölartig aussehende Tropfen, die mit dem Alter der Blätter an Größe ständig zunehmen und selbst nach dem Abwerfen derselben erhalten bleiben. A. MEYER[1]) bezeichnet diese Tropfen als „Mesekret" und faßt sie allgemein als Abfallstoffe auf, die möglicherweise aus dem Assimilationssekret der Chloroplasten entstehen und nach ihrer Bildung zwar in seltenen Fällen verlagert, aber nie wieder in den Betriebsstoffwechsel einbezogen werden können. *Ilex aquifolium* dient ihm als Normalbeispiel.

Eine kurze Nachuntersuchung, bei der auch die Verhältnisse an den aus der Knospe sich entfaltenden Blättern berücksichtigt wurden, sollte darüber Auskunft geben, ob etwa doch vorübergehende Schwankungen der Sekretmenge während der Vegetationsperiode auftreten. Übereinstimmend mit früheren Befunden von

1) MEYER, A., Die angebliche Fettspeicherung immergrüner Laubblätter. Ber. D. Bot. Ges. 36, 1918, S. 5. — MEYER, A., Morpholog. u. physiolog. Analyse der Zelle. Jena 1920, S. 324 ff.

RYWOSCH bei Koniferen und den Angaben A. MEYERs konnten wir feststellen, daß in erwachsenen Blättern das Volumen der Mesekrettropfen bis zum Absterben dauerd wächst, und zwar in anscheinend gleichmäßigem Tempo. Die durchschnittliche Größe betrug am Ende des ersten Jahres etwa 5 μ, am Ende des vierten Jahres etwa 10,5 μ in der ersten Palisadenreihe entsprechend einer Volumzunahme von 65 cbμ auf 606 cbμ. Die Verteilung der Sekrettropfen entsprach der Angabe A. MEYERs. Besonders regelmäßig ist die Anordnung in den Palisaden und im Leptom der Gefäßbündel. Schwammparenchym, Gefäßbündelscheide und untere Epidermis führen regelmäßig reichlich Sekret. Besonders die Schließzellen und ihre Nebenzellen fallen während des ganzen Jahres (also nicht nur im Winter, wie HAGEN[1]) annahm) durch große Sekrettropfen auf. Die obere Epidermis ist zweischichtig; in der zweiten Zellage finden sich zerstreut kleine Tropfen, während die stark kutinisierten Zellen der ersten Schicht in der Regel frei davon sind. Kurze Verdunkelung erwachsener Blätter (14 Tage) hatte keinen merkbaren Erfolg; längere Verdunkelung scheint aber doch nicht unwirksam zu sein. Bei Bauarbeiten war im Herbst 1921 ein damals einjähriges Blatt zum Teil oberseits mit einer Zementkruste bedeckt worden (an einer Stelle auch doppelseitig). Am 16. Juni 1922 fanden sich in den Palisaden unterhalb der bedeckten Zone nur winzige Tröpfchen, während in den freien Teilen die durchschnittliche Größe 7 μ betrug. Im Leptom und der unteren Epidermis (auch dort, wo sie bedeckt war) zeigte sich keine merkliche Differenz gegen die normalen Teile. Auffallend ist die geringe Menge des Sekretes in den verdunkelten Palisaden; hier muß ein Abtransport stattgefunden haben, denn zur Zeit der Bedeckung müssen die Sekrettropfen an jener Stelle mindestens 4—5 μ gemessen haben. (Eine chemische Beeinflussung durch den Zement kommt nicht in Frage, da an den auch unterseits bedeckten Stellen die Tropfen unverändert waren.) Daß die Bildung des Sekretes von der Belichtung abhängig ist, war schon A. MEYER bekannt und konnte auch durch Untersuchung partiell verdunkelter ganz junger Blättchen bestätigt werden: Es erfolgte Zunahme der Tropfen nur in den belichteten Teilen. Das Verschwinden des Sekretes bei sehr lange dauernder Verdunkelung läßt nun darauf schließen, daß auch ein — wenn auch sehr langsam verlaufender und deshalb nur bei kleineren Tropfen merk-

1) HAGEN, Fr., Zur Physiologie des Spaltöffnungsapparates. Beitr. z. allg. Bot. I, 1918, S. 261.

licher — Verbrauch stattfindet, der normalerweise von der Produktion in der Zelle um etwas übertroffen wird, so daß eine langsame, aber stetige Volumzunahme resultiert. Worin dieser „Verbrauch“ besteht — ob in Oxydation (also Veratmung) oder einfacher Ableitung nach dem Schwammparenchym bzw. Leptom oder anderweitiger Verwendung — ist nicht ohne weiteres zu entscheiden. Die mikrochemische Untersuchung gibt keinerlei sichere Anhaltspunkte; man kann nur sagen, daß fettes Öl anscheinend nicht beteiligt ist. (Auch in den Spaltöffnungsapparaten tritt nach Behandlung mit Kali-Ammoniak keine Verseifung ein.)

Besonders interessant war es nun, daß sich schon in den im Sommer angelegten Endknospen und Blütenknospen alle Zellen mit großen Tropfen erfüllt zeigten, die sich mikrochemisch ganz wie das Mesekret verhielten. Diese Tropfen können begreiflicherweise nicht durch Assimilationstätigkeit an Ort und Stelle entstanden sein, sondern müssen aus den Blättern auf dem Weg über die Gefäßbündel dorthin verlagert worden sein. Die besonders nach Färbung mit Sudan hervortretende große Ölmenge läßt es zweifelhaft erscheinen, daß die Tropfen als Abfallkörper von vornherein in Geweben abgelagert werden, die sonst nur hochwertige Reservestoffe zu führen pflegen. Stärke konnte nur in geringen Mengen nachgewiesen werden. Im Frühjahr 1922 wurde das Schicksal der Tropfen bei der Entfaltung der Knospen verfolgt. Die äußeren Blätter der Knospe sind zu Knospenschuppen umgebildet und besitzen besonders auf der Außenseite (= morphologischen Unterseite) stark papillöse Epidermis mit dicken kutinisierten Außenwänden. Sie führen in allen Zellen ohne Ausnahme Sekrettropfen von im Mittel 15 μ Durchmesser. Diese Schuppen sind durch Übergänge mit den Laubblattanlagen verbunden; auch hier findet sich in jeder Zelle ein großer Sekrettropfen. Nach dem Aufspringen der Knospen Mitte Mai entwickeln sich einzelne (bes. die jüngeren) Knospenschuppen noch ein wenig weiter, fallen aber schließlich doch bald ab, ohne merkliche Veränderungen ihrer Sekrettropfen zu zeigen. Die folgenden Blätter, die z. T. auch noch papillöse Epidermis besitzen, haben zunächst noch dünne Epidermisaußenwände und ebenfalls gleichmäßig mit Sekrettropfen versehene Zellen. Beim Einsetzen des Wachstums findet nun innerhalb weniger Tage eine auffällige Änderung der Verteilung statt: Die zentralen Gewebepartien entleeren sich sichtlich, während die Tropfen sich vornehmlich in den Epidermen und den angrenzenden sich zu Palisaden und Schwammparenchym differenzierenden Zellen finden (26. Mai). Zu gleicher Zeit kann man dünne kutini-

sierte Schichten durch Sudanfärbung nachweisen. Bereits am 29. Mai zeigten entsprechende Blätter stärkere Kutinisierung und nur noch winzige Tropfen in Palisaden und Schwammparenchym. Anfang Juni sind die Tropfen in den Epidermen nur noch spärlich, in den übrigen Geweben (bis auf das stets Tropfen führende Leptom) kaum sichtbar. Die Kutinisierung ist weiter fortgeschritten. Am 10. Juni erschien in den ältesten Blättern der jungen Triebe die Kutikula in annähernd normaler Ausbildung, Sekrettropfen fanden sich in der oberen Epidermis nur vereinzelt. In der unteren Epidermis fallen schon bei schwacher Vergrößerung die großen Tropfen der Spaltöffnungsapparate auf. — Die jüngeren Blätter durchliefen die gleichen Entwicklungsphasen nur mit entsprechenden zeitlichen Unterschied. Die oben erwähnten Übergänge zwischen Knospenschuppen und Laubblättern weisen von vornherein etwas kutinisierte Epidermen auf und zeigen die gleichen Veränderungen schon etwas früher (Fehlen der Sekrettropfen in der Epidermis schon Ende Mai). Anfang Juli beginnen nun in den jungen Blättern von neuem lichtbrechende Tropfen in den Palisaden und im Schwammparenchym in größerer Menge zu erscheinen. Etwa um die gleiche Zeit werden die nächstjährigen Knospen angelegt und finden sich schon jetzt mit allerdings noch kleineren Tropfen versehen.

Diese Beobachtungen legen den Gedanken nahe, daß die „Öltropfen“ der Knospen das Material zum Aufbau der Kutikula liefern und dabei fast restlos aufgebraucht werden. (Eine scheinbare Abnahme könnte zwar schon durch die Verteilung der gleichen Sekretmenge auf ein größeres Volumen vorgetäuscht werden; die charakteristische Verteilung und das fast völlige Verschwinden schließen eine solche Fehlerquelle aus.) Vielleicht steht damit auch in Zusammenhang, daß auch die Achsenrinde und Wurzelrinde vom Kambium bis zur Epidermis bzw. bis zum Phellogen (wie schon MEYER angibt) Sekrettropfen führten — also die Teile, die Kork oder Kutikula bilden[1]). Wir müßten dann annehmen, daß ein Teil des Sekretes durch die Leitungsbahnen in die Knospen bzw. die Rinde gelangt, während der Rest (der größere Teil?) unverbraucht mit den Blättern abgeworfen wird. Daß vor dem Abfallen keine merkliche Abnahme des Sekretes stattfindet (in einzelnen Fällen

1) *Die vorgetragene Ansicht erhält noch besondere Wahrscheinlichkeit durch die Feststellung von* O. CRÜGER *(Ber. d. D. Bot. Ges.* **39**, **1921**, S. 175), **daß Mesekret (abgesehen von durch Verwandtschaft bedingten Abweichungen) vorzugsweise bei Pflanzen mit dicker Kutikula auftritt und solchen mit dünner Kutikula (< 0,5 μ) anscheinend immer fehlt.**

schienen allerdings die Tropfen kleiner zu sein und das Plasma sich diffus mit Sudan zu färben: Emulsionsbildung?), ist wohl der Langsamkeit der in Frage stehenden Prozesse zuzuschreiben. Ähnlich scheinen die Verhältnisse bei *Sambucus* und *Camellia* zu liegen, wo MEYER ein deutliches Minimum der Sekretmenge in jungen Blättern während der Entwicklung feststellte, ohne weiteres Gewicht auf diesen Befund zu legen (l. c. S. 339). — Daß die Tropfen von Zelle zu Zelle wandern können, zeigt die Entleerung der jungen Blätter; daß solche Wanderung auch im erwachsenen Blatt stattfinden kann, sehen wir aus dem Verschwinden der Tropfen in dem mit Zement bedeckten Blatt und dem Vorkommen im Leptom. Außerdem wissen wir aus den Versuchen von SCHMIDT[1]), daß fette Öle (bes. mit freien Fettsäuren) die Zellhaut und lebendes Plasma unverändert passieren können — anscheinend unter vorübergehender feiner Emulgierung. Für andere, z. B. Harztropfen, scheint nach HANNIG[2]) ähnliche Wanderungsmöglichkeit zu bestehen, so daß das Fehlen von Fett nicht gegen eine solche Annahme spricht.

Zur Prüfung dieser Vorstellung wurde festzustellen versucht, ob die Mesekrettropfen der Blätter mit denen der Knospen chemisch identisch sind, und ob irgendwelche Beziehungen zu den Kork und Kutikula eigentümlichen Stoffen bestehen. Geprüft wurde mit Alkohol 95 %, Chloralhydrat, Eau de Javelle, Chloroform, Äther, Schwefelkohlenstoff, konz. Schwefelsäure, 50 % Chromsäure, rauchender Salpetersäure, Kaliumchlorat-Salpetersäure, 40 % Natronlauge, Kali-Ammon, 3 % kochend. alkohol. Kalilauge, ammoniakalischer Silberlösung, Osmiumsäure, Chlorzinkjod, Jodjodkali, Phloroglucin-Salzsäure, Sudan III. Lösungs- und Farbreaktionen der Tropfen in Blättern und Knospen deckten sich mit dem von A. MEYER angegebenen Verhalten und stimmten völlig überein, so daß chemische Identität trotz der relativen Unsicherheit der mikrochemischen Reaktionen doch sehr wahrscheinlich ist. Über die chemische Qualität der Stoffe lassen sich aus dem gleichen Grund nur negative Angaben machen: Fett ist nicht beteiligt, da Verseifung durch Kali-Ammon nicht zu erreichen ist. (Fett kommt dagegen im Holz von *Ilex* vor — s. a. MEYER S. 335.) Ebensowenig stimmen die Reaktionen mit Wachs und ätherischen Ölen überein. Von Cerinsäure unterscheidet sich das Mesekret durch

1) SCHMIDT, R. H., Über Aufnahme und Verbreitung von fettem Öl durch die Pflanzen. Flora 1891, S. 300.

2) HANNIG, L., Untersuchungen über die Harzbildung in Koniferennadeln. Zeitschr. f. Bot. 14, 1922, S. 385.

seinen Schmelzpunkt und die Löslichkeit in Schwefelkohlenstoff. Die Reaktion auf Phellonsäure mit kochender 40 % Natronlauge und folgender Behandlung mit Chlorzinkjod verlief auch negativ. Phloroglucin-Salzsäure läßt die Tropfen ungefärbt. Jod wird von den Tropfen besonders aus Jodjodkalilösung intensiv gespeichert: Die Tropfen nehmen dunkelbraune Farbe an (etwa wie Glycogen, von dem sie durch die Löslichkeit unterschieden sind). Beim Erhitzen werden die Tropfen wieder entfärbt und wandeln sich in unregelmäßig begrenzte trübe Klumpen um, die nach dem Erkalten wieder kräftig Jod speichern. Fettes Öl (z. B. Palmkernöl) verhält sich ebenso. Nach Übertragen der heißentfärbten Schnitte in Sudanglyzerin klären sich die Tropfen wieder und nehmen wie sonst rote Farbe an. Kochende 3 % alkoholische Kalilauge deckt geringe Unterschiede in der Löslichkeit der Kutikularschichten auf. Bei etwa 5 Monate alten Blättern bleibt die Kutikula der unteren Epidermis länger erhalten als die kutinisierten Schichten der Blattoberseite; bei dreijährigen Blättern finden sich keine Unterschiede mehr. Die Kutikularschichten der Knospenschuppen bleiben der Form nach unverändert; die Spitzen der haarähnlichen Papillen bläuen sich dann mit Chlorzinkjod und werden von Sudan nicht mehr gefärbt. Bei Behandlung mit Kali-Ammon treten zähe tropfige Massen aus; es handelt sich hier vielleicht um einen harzartigen Körper. Solche Harzabsonderungen und harzdurchtränkte Membranen sind an Knospen häufig zu beobachten, und HANSTEIN[1]) glaubte in den bei solchen Objekten ebenfalls auftretenden lichtbrechenden Tropfen im Parenchym Harztropfen zu sehen, die einen Ersatz der Harzschicht besorgen könnten. Das Sekret von *Ilex* ist kein Harz, weil es gegen Schwefelsäure resistent ist, während sich Harze in Schwefelsäure lösen. Kleine Sekrettropfen werden von Kali-Ammon anscheinend gelöst, ohne Seifenkristalle zu hinterlassen, größere Tropfen zeigen nur kaum merkliche Größenabnahme[2]). Die großen Tropfen der Spaltöffnungen und ihrer Nebenzellen zeigen ebenso wie die Tropfen in den Knospen wegen ihrer Größe bei gleicher Behandlung keine merkliche Änderung.

Die Beobachtungen lassen sich am besten in dem oben skizzierten Sinn deuten, daß das Mesekret nicht funktionslos ist, sondern am Aufbau der Kutikula beteiligt ist, zu diesem Zweck in der

---

1) HANSTEIN, J., Die Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen. Bot. Zeitg. 1868. S. 697.

2) Sie stimmen darin — wie auch in der Mehrzahl der anderen Reaktionen — mit den Eigenschaften der Ölkörper bei Moosen überein, deren chemischer Charakter noch ebenso ungewiß ist.

Pflanze an die Bildungsstätten von Kutikula oder Kork verlagert wird, und daß die Wanderung so langsam vor sich geht, daß die Tropfen im Mesophyll infolge eines Überschusses der gebildeten Stoffe ständig wachsen. Über die chemische Zusammensetzung ist nichts Sicheres zu ermitteln. Dann aber ist der Ausdruck Mesekret in seiner ursprünglichen Bedeutung als Abfallstoff nicht auf die Tropfen von *Ilex* anzuwenden. Die Angaben von A. MEYER und O. CRÜGER lassen vermuten, daß *Ilex* keinen Sonderfall darstellt, daß vielmehr der Mehrzahl der von MEYER als „Mesekret" bezeichneten Stoffe ähnliche Bedeutung zukommt.

Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Berlin.

---

41. H. Nakano: Untersuchungen über Kallusbildung und Wundheilung bei Keimpflanzen. I.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 26. Mai 1924. Vorgetragen in der Maisitzung.)

Kallusbildung und Wundheilung erwachsener Pflanzen ist bereits recht eingehend untersucht, dagegen liegen nur wenige Beobachtungen über diese Vorgänge bei Keimpflanzen vor. Vorliegende Arbeit soll über Verlauf und Besonderheiten der Wundreaktionen bei Keimpflanzen berichten. Die Untersuchungen wurden auf die Anregung von Herrn Geheimrat HABERLANDT begonnen und etwa im Verlauf von 7 Monaten während des Winter- und Sommer-Semesters 1922/23 im pflanzenphysiologischen Institut der Universität Berlin ausgeführt. Ich erlaube mir an dieser Stelle Herrn Geheimrat HABERLANDT sowie Herrn Dr. HERRIG und Dr. METZNER meinen besten Dank auszusprechen.

I. Material und Methodik.

Als Versuchsmaterial dienten mir vornehmlich die Keimlinge von *Vicia faba*. Außerdem benutzte ich Keimpflanzen von *Pisum sativum*, *Phaseolus multiflorus*, *Soja hispida* und *Ricinus communis*.

Die in Wasser aufgequollenen Samen wurden durch Schnitte mit dem Rasiermesser oder Skalpell verletzt, gleich nachdem sie den Samenschalen entnommen waren. Bei *Ricinus* erwies es sich aber immer als vorteilhaft, die innere Samenschale am Samen zu

lassen, weil sonst leicht Fäulnis eintrat. — Die Kulturen standen *in feuchtem Raum* (großen Glasdeckelschalen) auf einem Tisch in diffusem Tageslicht bei 18—20 Grad Celsius. — Die Glasschalen mit Filtrierpapiereinlage wurden im Trockenschrank sterilisiert, zur Anfeuchtung der Kulturen nur steriles destilliertes Wasser benutzt. Die Pinzette wurde durch eine Gasflamme gezogen und Messer und Skalpell mit absolutem Alkohol behandelt. Eine absolute Sterilisierung der Keimlinge erwies sich als sehr schwierig und kaum durchführbar; Sterilisierung mit 0,05 % Sublimat hatte z. B. Nekrosen zur Folge.

Da die Versuchsergebnisse an sterilisiertem und nicht sterilisiertem Material hinsichtlich der Kallusbildung ganz gleich ausfielen, genügte es in der Regel, die Versuchsobjekte vorher nur mit sterilisiertem Wasser möglichst sauber abzuwaschen. Die Keimlinge von *Vicia faba* waren sehr widerstandsfähig gegen Mikroorganismen, und Sterilisierung war deshalb meistens unnötig.

II. Unmittelbare Folgen der Verwundung.

Die Wundfläche verändert einige Tage nach der Verwundung mehr oder weniger ihre Farbe. Die Wundflächen der Kotyledonen von *Vicia*, *Pisum*, *Phaseolus* und *Soja* werden braun bis dunkelbraun. Die Wundfläche des Endosperms von *Ricinus* nimmt nur eine gelbe bis gelbbraune Tönung an. Bei mikroskopischer Beobachtung der Wundfläche an Schnitten stellte sich heraus, daß die Farbenänderung meistens auf einer Färbung des Protoplasmas sowohl der angeschnittenen als auch der benachbarten Zellen beruht. Manchmal wurden die Zellwände ebenfalls gefärbt.

Gleichzeitig mit der Farbenänderung erfolgt eine Kutinisierung der an der Wundfläche liegenden Zellwände. Schon APPEL[1]) beobachtete bei Kartoffelknollen die Kutinisierung der an der Wundfläche liegenden Zellen, der aber sogleich die Peridermbildung folgte. Bei den Kotyledonen meiner Versuchspflanzen kam es dagegen nur zur Kallusbildung, nicht aber zur Peridermbildung, von der Kutinisierung abgesehen. Bei *Vicia* beobachtete ich, daß die Kutinisierung bei ca. 20° C 24 Stunden nach der Verwundung noch nicht, 48 Stunden später aber deutlich eingetreten war.

Den Nachweis der Kutinisierung führte ich wie APPEL mit einer ammoniakalischen Gentiana-Violett-Lösung nach TISON aus. Bei den Kotyledonen von *Vicia*, *Pisum* und *Phaseolus* erstreckt sich

1) Zur Kenntnis des Wundverschlusses bei den Kartoffeln. Berichte d. D. B. Ges. 24, 1906, S. 118.

die Kutinisierung auf drei bis vier — selten noch mehr — Schichten der Speicherzellen unter der Wundfläche, während dieselbe Erscheinung beim Endosperm von *Ricinus* nur in ein bis zwei Schichten unter der Wundfläche auftritt. Die Kutinisierung findet auch am Ende des an der Wundfläche bloßgelegten Gefäßbündels statt.

Interessant ist es, daß auch die bei der Verwundung verletzten — also äußersten — Zellen kutinisiert werden. Das scheint nicht überall so zu sein, wenigstens zeigten Vergleichsversuche mit der Kartoffelknolle keine Veränderung der verletzten Zellen.

Man trifft bei den Kotyledonen von *Vicia* auch manchmal eine Kutinisierung solcher Zellwände, die — von anderen kutinisierten Zellgruppen entfernt — Interzellularräume umgeben. Bemerkenswert ist weiter, daß die Kutinisierung manchmal nur in den nach der Schnittfläche zugewandten Zellwänden der unter der Wundfläche liegenden Zellen vor sich geht.

Die Kutinisierung an der Wundfläche der Kotyledonen von *Vicia* ist nicht so stark wie bei den Kartoffelknollen, doch ist eine Schutzwirkung gegen eindringende Mikroorganismen wohl anzunehmen. Ob auch der braune Stoff, der in einzelnen Fällen in die Zellwände der Wundfläche eingelagert wird, eine solche Schutzwirkung ausüben kann, ließ sich nicht feststellen.

Als weitere auffällige Folgeerscheinung der Verwundung zeigte sich regelmäßig ein Abbau der Stärkekörner in den an oder unter der Wundfläche befindlichen intakten Speicherzellen. Schon in der ersten Zeit nach der Verwundung werden die Stärkekörner in den betreffenden Zellen langsam angegriffen. Der Prozeß schreitet weiter fort, und zwei Wochen nach der Verwundung sind manchmal fast alle Stärkekörner aus den genannten Speicherzellen verschwunden. Hingegen zeigen die an der Oberfläche liegenden und durch die Verwundung verletzten (also abgestorbenen) Zellen keine Stärkelösung. Die Stärkelösung reicht von der Wundfläche aus tiefer in das Gewebe hinein als die Kutinisierung.

In derselben Weise sehen wir ferner, daß die an der Wundfläche des Endosperms von *Ricinus* liegenden Zellen eine starke Verminderung ihres Fettgehaltes erfahren.

Es ist schwer zu sagen, wozu die Stärke bzw. das Fett verbraucht werden. Die Annahme, daß sie zur Kutinisierung der Zellwände dienen, ist wenig wahrscheinlich. Die Vermutung, daß sowohl Stärke als auch Fett vorwiegend bei der infolge der Verwundung gesteigerten Atmung verbraucht werden, scheint mir näherzuliegen.

III. Form und Bildung der Kalluswucherungen.

Über die Kallusbildung bei Keimblättern ist bisher kaum etwas bekannt geworden. Man findet darüber nur — soweit meine Literaturkenntnis reicht — in KÜSTERs Pathologischer Anatomie einige kurze Notizen über eigene Beobachtungen. Genauere Mitteilungen darüber fehlen bis jetzt.

Meine Untersuchungen führten nun zu dem Ergebnis, daß die Ausbildung des Kallus an den verletzten Kotyledonen von *Vicia, Phaseolus, Pisum, Soja* und *Ricinus* immer von dem Vorhandensein und der Lage der Gefäßbündel abhängig ist Bei den dünnen Kotyledonen von *Ricinus* ist diese Beziehung mit einer Lupe oder schon mit freiem Auge erkennbar. Bei angeschnittenen Kotyledonen von *Vicia faba* ist der Kallus schon am siebenten Tage nach der Verwundung mit unbewaffnetem Auge deutlich sichtbar (Temp. 20 ° C).

Die Form einer Kalluswucherung war bei allen untersuchten Kotyledonen fast halbkugelig. Ihre Oberfläche ist nicht glatt, sondern immer etwas körnig. Die Wucherungen erreichen oft einen Durchmesser von 5 mm und mehr, wodurch die Wundfläche der Kotyledonen ganz höckerig wird. Die Wucherungen zeigen ferner manchmal so starkes tangentiales Wachstum, daß es infolge der dadurch entstehenden Spannungen zur Rißbildung an der Wundfläche kommt.

Der Kallus ist immer kutinisiert. Das scheint auch sonst bei der Kallusbildung nicht selten zu sein, da MASSART[1]) beim Kallus an den Blättern von *Clivia miniata* und BLACKMANN[2]) beim Kallus an den Blättern von *Prunus Laurocerasus* (Gartenvarietät *rotundifolia*) dieselbe Erscheinung beobachteten.

Die Entwicklung des Kallus wurde bei den Kotyledonen von *Vicia faba* und *Ricinus* und am Endosperm von *Ricinus* an 20 μ dicken Mikrotomschnitten (Chromessigsäure — Eisenhämatoxylin) untersucht. — Wird ein Gefäßbündel an der Schnittfläche quer getroffen, so teilen sich zuerst die prokambialen Zellen des an der Wundfläche bloßgelegten Gefäßbündels parallel zur Wundfläche; die Tochterzellen wachsen und ragen dann über die Wundfläche empor. Die durch die Verwundung verletzten Zellreihen und Zellreste vertrocknen immer, die unverletzten Endzellen der wachsenden Zellreihen neigen aber dazu, sich stark zu vergrößern. —

1) La cicatrisation chez les végétaux. 1898.

2) BLACKMANN and MATHAEI, On the reaction of leaves to traumatic stimulation. Ann. of Bot. 1901, S. 553.

Gleichzeitig mit den prokambialen Zellen werden auch die benachbarten Speicherzellen zur Teilung angeregt. Die Teilungsebene läuft wenigstens anfangs deutlich zur Wundfläche parallel oder etwas geneigt dazu. Prokambiale und Speicherzellen teilen sich

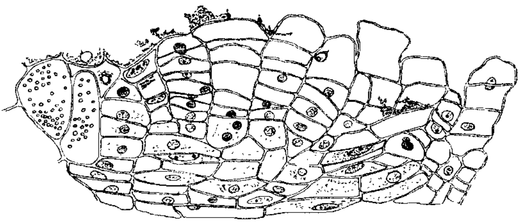


Fig. 1

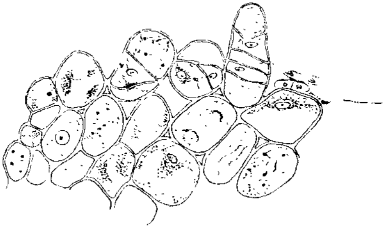


Fig. 2.

Fig. 1. Der Kallus aus Speicherzellen am verletzten Kotyledo von *Vicia* (Vergr. 153). Man sieht vielmalige Teilungen einer Schicht Speicherzellen, die direkt an der Wundfäche liegen. Darunter parallel zur Wundfläche prokambiale Zellen. Fig. 2: Die Kallusbildung an der Wundfläche des Endosperms von *Ricinus* (Vergr. 153). Der Kotyledo, der dicht an der linken Seite der Abbildung lag, wurde nicht gezeichnet.

bald reichlich und wuchern zusammen auf der Wundfläche, um zuletzt einen einheitlichen Kallus zu bilden. Man sieht aber manchmal am Rande eines Kallus viel langgestreckte Speicherzellen, die sich niemals zu teilen scheinen. Aus den in den Kallus hineinwachsenden prokambialen Zellen entwickeln sich sehr früh viele Tracheiden, die später mit den alten Tracheiden des Gefäßbündels in Verbindung treten. Meistens ist die Stelle schwer zu finden,

an welcher sich alte und neue Tracheiden vereinigen. Nicht selten aber findet man eine Verbindung alter und neuer tracheidaler Elemente durch kurze Strecken prokambialer Zellen. — Die Bildungsweise des Kallus wird etwas modifiziert, wenn ein Gefäßbündel tangential unmittelbar unter der Wundfläche oder nur von einer Schicht Speicherzellen bedeckt parallel zu derselben verläuft. Im ersten Fall teilen sich die prokambialen Zellen des Gefäßbündels, im zweiten Fall aber die Speicherzellen parallel zur Wundfläche. Der Kallus wird in beiden Fällen flach ausgedehnt, aber nicht so hoch und massig wie bei senkrecht angeschnittenem Gefäßbündel (vgl. Fig. 1).

Es bedarf keiner weiteren Erörterung, daß an der Entstehung größerer Kalluswucherungen manchmal zwei und mehr Gefäßbündelstränge — auch in verschiedener Weise — beteiligt sind, die dann innerhalb des Kallus einen komplizierten Tracheidenkomplex bilden.

Zum Schluß soll darauf hingewiesen werden, daß das durch die Verwundung an der Wundfläche bloßgelegte Ende der Tracheiden von den ersten Teilprodukten der prokambialen Zellen verstopft wird.

Bei einem großen Kallus sieht man, daß sowohl alte als auch neue Tracheiden von kutinisierten, dicht aneinander liegenden parenchymatischen Zellen bedeckt sind. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, daß die Kallusbildung an der Wundfläche der Kotyledonen mit der Kutinisierung zusammen einen vollkommenen Wundverschluß bewirkt.

Die Entwicklung des Kallus am Kotyledo von *Ricinus* unterscheidet sich von der Kallusentwicklung bei *Vicia*. Am Ende der Nerven des Keimblattes entstehen kleine rundliche Kalluswülste, die sich, wie die anatomische Untersuchung ergibt, manchmal durch Teilung der dicht an einem Gefäßbündel anliegenden Mesophyllzellen (man kann beim Kotyledo von *Ricinus* Palisaden- und Schwammparenchym unterscheiden), manchmal aber durch Teilung der leitparenchymatischen Elemente des Gefäßbündels entwickeln. Den ersten Fall der Entwicklung beobachtete ich an einem kleinen Kallus, der über einem kleinen Gefäßbündel an der Wundfläche entstand. Der zweite Fall kam dann zustande, wenn ein ziemlich großes Gefäßbündel unter der Wundfläche lag.

Ich kann nicht sagen, ob die beiden Fälle bei *Ricinus* immer gesondert vorkommen. Eine Zusammenwirkung der Descendenten der leitparenchymatischen und Mesophyllzellen ist vielleicht ähnlich der Kallusbildung von *Vicia* möglich.

Ganz abweichend vollzieht sich die Kallusbildung an der Wundfläche des Endosperms von *Ricinus*. Zehn Tage nach der Verwundung fanden sich bei einer Temperatur von ca. 20 ° C und genügender Feuchtigkeit winzige Kallusblasen an der Wundfläche. Bei mikroskopischer Untersuchung fand ich, daß einzelne Endospermzellen an der Wundfläche sich einige Male teilen und etwas über dieselbe hinauswachsen. Sie entwickelten sich meistens reichlicher in der Nähe der Kotyledonen und der inneren Samenschale (vgl. Fig. 2).

Die Wundheilung an anderen Teilen der Keimlinge wurde nicht näher untersucht.

---

42. H. Nakano: Untersuchungen über Kallusbildung und Wundheilung bei Keimpflanzen. II.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 26. Mai 1924. Vorgetragen in der Maisitzung.)

IV. Kallusbildung und Polarität.

Von jeher wurde der Einfluß der Polarität auf die Kallusbildung hervorgehoben. Fast keiner der Autoren zog jedoch die Organe der Keimpflanzen in den Kreis seiner Untersuchungen. Nur KÜSTER erwähnt bei den Kotyledonen der Cucurbitaceen den Einfluß der Polarität auf die Kallusbildung in einer kurzen Notiz[1]).

Bei meinen Untersuchungen durchschnitt ich die Kotyledonen von *Vicia* in verschiedenen Richtungen und konstatierte, daß sich die verschiedenen Wundflächen hinsichtlich der Kallusbildung verschieden verhalten, und zwar, daß das basale Ende der Kotyledonen immer bei der Kallusbildung bevorzugt wird. Die gleiche Bevorzugung des basalen Endes für die Kallusbildung ließ sich auch bei den Kotyledonen von *Pisum*, *Phaseolus*, *Soja* und *Ricinus* feststellen.

Ich gehe nun zur Besprechung der verschiedenen Versuche an den Kotyledonen von *Vicia* über. Die Resultate wurden zehn Tage nach den Operationen erhalten. Fig. 3a und b gibt die Anordnung der Schnittflächen wieder.

Erster Versuch. Der Kotyledo wurde in der Richtung seiner geometrischen Längsachse in drei Teile geschnitten. (Schnittführung

1) Pathologische Pflanzenanatomie, 1916, S. 77.

s. Fig. 3a, 1.) Zehn Tage nach der Verwundung zeigten alle nach dem Kotyledostiel zugewandten basalen Schnittflächen starke Kallusbildung, während die anderen (apikalen) Flächen solche nur sehr spärlich aufwiesen.

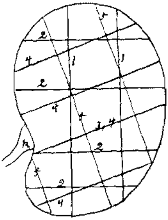


Fig. 3a.

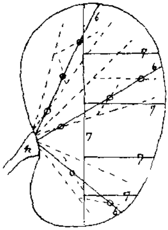


Fig. 3b.

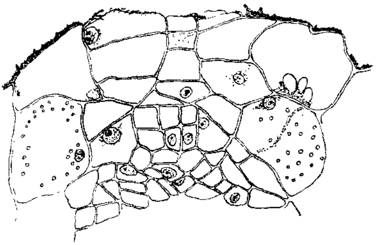


Fig 4.

Fig. 3. Schematische Darstellungen der Schnittflächen am Kotyledo von *Vicia*. 1. bezieht sich auf den ersten Versuch; 2. bezieht sich auf den zweiten Versuch; 3., 4. usw.; k = Kotyledonarstiel. Fig 4. Die Teilung der zwischen Wundfläche und Gefäßbündel liegenden Speicherzellen am verletzten Kotyledo von *Vicia*. (× 153). Hier läuft ein Gefäßbündel senkrecht zur Fläche der Abbildung (parallel zur Wundfläche).

Zweiter Versuch. In diesem Versuch wurde ein Kotyledo in der Richtung der Querachse, also senkrecht zur Längsachse, durch parallele Schnitte in fünf Stücke geschnitten. (Schnittführung siehe Fig. 3a, 2.) Hier liegt in dem mittleren, mit dem Kotyledonarstiel versehenen Stück der Mittelpunkt des polaren Baues resp. der basale Pol des Kotyledos. An seinen beiden Wundflächen entstehen

nur ganz spärliche Kalluswucherungen. Die diesem Stück zugewandten Wundflächen anderer Stücke zeigten dagegen viel stärkeren Kallus, ihre abgekehrten Wundflächen jedoch spärlichen.

Dritter Versuch. Ein Kotyledo wurde schief zur Querachse in zwei Stücke geschnitten. (Schnittführung s. Fig. 3a, 3.) Das mit einem Reste des Kotyledonarstiels versehene größere Stück produzierte nur spärlich Kallus, während das andere Stück ohne Kotyledonarstiel viel Kallus, und zwar stärker in der Nähe des Kotyledonarstieles als an anderen Stellen, aufwies.

Vierter Versuch. In diesem Versuche wurde ein Kotyledo in ähnlicher Richtung wie beim vorigen Versuch in fünf Stücke geteilt. (Schnittführung s. Fig. 3a, 4.) Die Resultate waren ganz dieselben wie im zweiten Versuch; das mit einem Reste des Kotyledonarstiels versehene Stück bildete das Zentrum der Polarität und die ihm zugewandten Wundflächen anderer Stücke zeigten alle viel stärkere Kallusbildung als die abgewandten.

Fünfter Versuch. Ein Kotyledo wurde senkrecht zur Richtung des vorigen Versuchs in vier Stücke geschnitten. (Schnittführung s. Fig. 3a, 5.) Die Ergebnisse waren ähnlich wie im zweiten und vierten Versuche. Das mit dem Kotyledonarstiel versehene Stück produzierte sehr wenig Kallus, die diesem zugekehrten Wundflächen anderer Stücke wiederum erheblich mehr als die abgewandten.

Sechster Versuch. In diesem Versuch wurde ein Kotyledo vom Ansatz des Kotyledonarstiels ausgehend durch radial geführte Schnitte in vier Stücke zerlegt. (Schnittführung s. Fig. 3b, 6.) Jetzt wiesen alle Wundflächen ähnliche, und zwar ziemlich starke Kallusbildung auf.

Siebenter Versuch. In diesem Versuch wurde ein Kotyledo zuerst in der Richtung der Längsachse zweigeteilt und das apikale Stück ohne Kotyledonarstiel in der Richtung der Querachse in fünf Scheiben (I—V) zerlegt, während das andere, mit dem Kotyledonarstiel versehene Stück ohne weitere Operation blieb. (Schnittführung z. Fig. 3b, 7.) Das Ergebnis am basalen Stück entspricht dem ersten Versuch. Bei den anderen Stücken ergab sich folgendes Bild:

I. An beiden Wundflächen starke Kallusbildung, besonders kräftig an der Schnittkante beider Wundflächen.

II. An der oberen Wundfläche wenig Kallus, an anderen Wundflächen viel Kallus, besonders viel an der Schnittfläche der beiden Wundflächen.

III. An der oberen und unteren Wundfläche spärlich Kallus; an der linken Wundfläche viel mehr Kallus als an den anderen.

IV. An der unteren Wundfläche spärlich Kallus; an der linken und oberen Wundfläche viel mehr Kallus als an der vorigen Wundfläche.

V. An beiden Wundflächen viel Kallus.

Wir sehen also wiederum ein ganz einheitliches Verhalten, das mit dem Ergebnis der ersten fünf Versuche übereinstimmt: Wir haben eine radiale Polarität mit dem Kotyledonarstiel als basalen Pol vor uns, derart, daß nur die dem Keimblattstiel zugewandten Wundflächen reichlich Kallus bilden. Für die Deutung dieser Erscheinung ist es von Belang, daß die Hauptgefäßbündel vom Rande des Kotyledos etwa radial nach dem Kotyledonarstiel verlaufen, wie ich aus einer Totalfärbung mit Resoblau ersehen konnte, und daß die Stoffwanderung demgemäß in dieser Richtung begünstigt wird. Warum die Stoffwanderung auch bei fehlender Ableitung vorwiegend in zentripetaler Richtung erfolgt, läßt sich natürlich nicht sagen.

Das Resultat des sechsten Versuches scheint abweichend zu sein. Wenn man aber die Verzweigung der Gefäßbündel berücksichtigt, wie sie in der Figur 3b in Punktlinien nach der Färbung mit Resoblau schematisch dargestellt ist, so läßt sich das Ergebnis ganz gut erklären und fügt sich den anderen Beobachtungen zwanglos an.

Bei diesen Versuchen traf ich oft auf Korrelationserscheinungen bei der Kallusbildung. So zeigte z. B. im ersten Versuch das mit dem Kotyledonarstiel versehene Stück an seiner Wundfläche spärlichen Kallus. Wenn man aber sowohl den Kotyledonarstiel als auch das benachbarte Gewebe entfernt, um Adventivwurzelbildung und damit reichlichen Stoffverbrauch in der Nähe des Kotyledonarstiels zu verhindern, so entsteht etwas stärkerer Kallus an der apikalen Wundfläche als sonst. Man erhält aber stets an der neu entstandenen, also basalen Wundfläche die reichste Kallusbildung. Im Anschluß an die geschilderten Versuche soll noch auf eine interessante Wurzelbildung aus dem Kallus hingewiesen werden. In nächster Nähe des abgeschnittenen Kotyledonarstiels von *Vicia* entsteht leicht eine neue Wurzel, wenn ein Stück des Kotyledos mit einem Reste des Kotyledonarstiels in einer feuchten Kammer kultiviert wird. An den Wundflächen der Stücke ohne Kotyledonarstiel beobachtet man dagegen sehr selten Wurzelbildung. Ich

konnte während der ganzen Untersuchung die Wurzelbildung nur zwei Male an den Stücken des Kotyledos von *Phaseolus* und drei Male an solchen von *Vicia* beobachten. Die gebildeten Wurzeln waren alle mit Wurzelhaaren versehen und sahen ganz normal aus.

Wurzelbildung an verwundeten Kotyledonen wurde schon von einigen Autoren, wie z. B. VAN TIEGHEM[1]), BLOCISZEWSKI[2]), ZABEL[3]) und KÜSTER[4]) beobachtet. Diese Autoren beschäftigten sich aber meistens nicht mit Teilstückchen eines Kotyledos, sondern mit isolierten ganzen Kotyledonen, so daß man ihre Resultate mit den meinigen nicht unmittelbar vergleichen kann.

Obwohl isolierte (ganze) Kotyledonen verhältnismäßig leicht Wurzeln bilden, ist die Sproßbildung an denselben recht selten zu beobachten und bis jetzt nur in einigen Fällen erzielt worden, z. B. bei *Borrago officinalis* von ZABEL und bei einigen Cucurbitaceen von KÜSTER. In meinen Versuchen blieb Sproßbildung stets aus.

V. Die Auslösung der Kallusbildung.

Zum Schluß möchte ich versuchen, an Hand meiner Beobachtungen kurz zu erörtern, in welcher Weise Reizstoffe (Hormone) im Sinne HABERLANDTs[5]) an dem Zustandekommen der geschilderten Erscheinungen beteiligt sind.

Ich gehe von der schon mitgeteilten Tatsache aus, daß die Speicherzellen in nächster Nähe des an der Wundfläche bloßgelegten Gefäßbündels sich teilen und an der Kallusbildung beteiligen können. Dabei erfahren aber die von der Wundfläche und dem Gefäßbündelstrang mehrere Zellschichten weit entfernt liegenden Speicherzellen keine Teilung. Daraus geht deutlich hervor, daß sowohl das Wundhormon wie das Hormon aus dem Gefäßbündel zusammen die Auslösung der Zellteilung bewirken. Was nun die Sekretion des Hormons im Gefäßbündel betrifft, so muß man nach dem Bau der Gefäßbündel der meisten untersuchten Kotyledonen annehmen, daß

---

1) Recherches physiologiques sur la germination. Ann. des Sc. nat., Ser. V, Bd. XVII. P. 205, 1873.

2) Physiologische Untersuchungen über die Keimung und weitere Entwicklung einiger Samenteile bedecktsamiger Pflanzen. Landwirtsch. Jahrbücher, V, 145, 1876.

3) Entwicklung der von der Achse abgetrennten Keimblätter. Das Original russisch. JUST, Bot. Jahresber., I, 32, 1882.

4) Beobachtungen über Regenerationserscheinungen an Pflanzen. Beiheft zum bot. Zentralbl., 1903.

5) Vgl. G. HABERLANDT: Zur Physiologie der Zellteilung. I.—VI. Mitteilung. Sitzber. d. Preuß. Akad. d. Wiss. 1913—1921. — Derselbe: Wundhormone als Erreger von Zellteilungen. Beitr. z. allg. Bot., Bd. II, 1921.

prokambiale Zellen diese Funktion übernehmen, da Siebröhren und Geleitzellen fehlen.

Auf welche Entfernung die beiden Hormone (Wundhormon und das Leptohormon aus prokambialen Zellen) wirksam sind, kann man schwer in allgemein gültiger Form sagen. Ich beobachtete meist nur die Teilung der Speicherzellen, die ganz dicht unter der Wundfläche und in nächster Nähe eines Gefäßbündels liegen. Manchmal teilt sich aber nicht nur die einem Gefäßbündel unmittelbar anliegende Zellschicht, sondern auch die weiter nach außen liegende. Bei *Soja* aber wurden die von einem Gefäßbündel mehr als zwei Zellschichten entfernt liegenden Speicherzellen zur Teilung angeregt. Möglich ist dies wohl auch bei *Vicia*, obgleich ich es nicht sicher beobachten konnte. In den tiefer unter der Wundfläche (mehr als zwei Zellagen tief) liegenden Speicherzellen wurde aber niemals eine Teilung ausgelöst. Daraus sieht man, daß sowohl das Wundhormon als auch das Hormon aus prokambialen Zellen nur innerhalb enger räumlicher Bezirke wirksam ist.

Das Zusammenwirken des Wundhormons und des Leptohormons zeigte sich auch da, wo ein Gefäßbündel parallel zur Wundfläche, und zwar unter einer Schicht Speicherzellen, verlief. Die an der Wundfläche gelegenen Speicherzellen wurden dabei zur Teilung angeregt, während in den etwas weiter vom Gefäßbündel entfernten, doch ebenfalls an der Wundfläche liegenden Speicherzellen niemals eine Teilung ausgelöst werden konnte. (Vgl. Fig. 4.)

Im Fall, wo die prokambialen Elemente eines Gefäßbündels parallel der Wundfläche liegen, kann natürlich das in ihnen enthaltene Hormon mit den Wundreizstoffen zusammen direkt die Auslösung der Zellteilung bewirken.

Bei den meisten untersuchten Objekten haben wir also anzunehmen, daß neben korrelativen Einflüssen zwei Reizstoffe (Hormone) zusammenwirken müssen, damit eine typische Kallusbildung entstehen kann.

Die Kallusbildung am verletzten Endosperm von *Ricinus* muß aber in anderer Weise erklärt werden, weil im Endosperm keine Gefäßbündel vorhanden sind. Ich muß es dahingestellt sein lassen, ob das Wundhormon allein die Kallusbildung einleiten kann, oder ob ein Leptohormon aus den Gefäßbündeln der Kotyledonen und der inneren Samenschale auf die Wundfläche diffundiert und nun dort die Zellteilungen mit auslöst.

Berlin, Pflanzenphysiologisches Institut, Juli 1923.

43. B. Kubart: Einige Bemerkungen über den diagnostischen Wert des Markkörpers bei Koniferenhölzern.

(Eingegangen am 27. Mai 1924. Vorgetragen in der Junisitzung.)

Mit voller Absicht habe ich in meiner kürzlich veröffentlichten Arbeit[1]) das Holz von *Pseudotsuga stiriaca* etwas ausführlicher als üblich behandelt, da der Erhaltungszustand des Materiales ein ganz hervorragend guter war. Ich konnte an diesem Beispiele auch auf die Schwierigkeiten hinweisen, die sich oft einer endgültigen systematischen Zuweisung selbst bei so gutem Materiale entgegenstellen.

Kurz nach Beendigung dieser Untersuchung erhielt ich von meinem Studienkollegen H. HANDEL-MAZZETTI einige fossile Hölzer aus China zur Untersuchung. Da es sich um Material aus geologisch jungen Schichten handelte, erbat ich mir von H. HANDEL-MAZZETTI auch einige Proben rezenter Hölzer, die er in der Umgebung des Fundortes des fossilen Materiales aufgesammelt hatte. Hierbei befand sich auch ein 2,5 cm dickes Holz-(Ast-)stück von *Picea likiangensis* Pritzel, das ich sofort meinem Hörer H. STEINBÖCK übermittelte, damit er auch daran den Bau des Markkörpers überprüfe. Stimmte nun auch letzterer vollends mit den von mir auf S. 18 obenerwähnter Arbeit bereits gemachten Angaben überein, so fiel aber auch Herrn STEINBÖCK sofort der Bau des Holzes dieser Fichtenart auf.

Das Holz dieser in West-Szechuan heimischen Fichte besteht nach der uns vorliegenden Probe, für deren richtige Bestimmung natürlich Herr HANDEL-MAZZETTI bürgt, aus Tracheiden, Holzparenchym, Harzgängen mit dickem Epithel und parenchymatisch-tracheidalen Markstrahlen, besitzt also bis auf das Holzparenchym, bezüglich dessen ich auch auf meine kritischen Ausführungen an

1) Arbeiten des phytopalaeontolog. Laboratoriums der Univ Graz, Heft I: B. KUBART, Beiträge zur Tertiärflora der Steiermark nebst Bemerkungen über die Entstehung der Braunkohle, Graz, 1924. — Gleichzeitig sei hier auf 2 Druckfehler aus dieser Arbeit aufmerksam gemacht: Auf S. 25 soll es heißen: 1919/239 und nicht 1919/223. Auf S. 23 und den folgenden Seiten soll bei PENHALLOWs fossiler *Pseudotsuga* stets *Pseudotsuga miocena* und nicht *Pseudotsuga miocenica* stehen.

anderer Stelle[1]) verweisen kann, den gleichen Bau, wie er im allgemeinen für *Picea* angegeben wird.

Die parenchymatischen Markstrahlen haben typische Abietineentüpfelung, die Tüpfel ihrer Tangentialwände sind aber vielfach etwas mehr horizontal gestreckt als rein lochporig. Quertracheiden säumen die parenchymatischen Markstrahlen, sind mit ihnen vermengt, oder es treten beiderlei Markstrahlen für sich allein auf. *Holzparenchymatische Zellen finden sich um die Harzgänge herum*, wo man auch die bei *Pseudotsuga stiriaca* (siehe meine erstgenannte Arbeit) vorkommenden Übergänge beobachten kann. Aber auch einzelne solcher Zellen sieht man im Radial- und Tangentialschnitte, in deren Längsverlauf allerdings auch Parenchymtracheiden vorkommen, so daß es schwer fällt zu entscheiden, ob es sich hier nur um Zellen aus der Umgebung eines Harzganges oder um völlig einzelne Holzparenchymzellen handelt. *An einem Querschnitte*, u. zw. am Schlusse des Jahresringes, also als Endzellen konnten jedoch mehrere Zellen in radialer Anordnung hintereinander beobachtet werden, die nicht allein durch ihren Zellinhalt, sondern *auch durch die einfache Tüpfelung ihrer Tangential- und Radialwände* zum Unterschiede von der Hoftüpfelung ihrer benachbarten Tracheiden als vollends sichere Holzparenchymzellen bezeichnet werden können. Das Epithel der längs- und querverlaufenden Harzgänge ist, wie bereits bemerkt wurde, typisch dickwandig.

Das wesentliche Merkmal dieses Holzes ist aber, daß nicht etwa bloß das Spätholz, sondern auch schon das erste Frühholz, und das gilt auch für die Quertracheiden, typische Spiralenverdickung besitzt, daß also dieses Holz mit dem Merkmal ausgestattet ist, das immer ganz allgemein als Gattungsmerkmal für *Pseudotsuga* gilt. Es läßt sich allerdings nicht leugnen, daß die hier ausgebildeten Spiralen recht fein sind, da und dort im ersten Frühholze vielleicht auch fehlen mögen. Der ganz allgemeine Eindruck läßt sich jedoch nicht wegleugnen, daß das vorhandene Material als im ersten Frühholze spiralenverdickt bezeichnet werden *muß*. *Mit voller Absicht ist vorher gesagt „vielleicht", da an* einzelnen Stellen mit Rücksicht auf die Feinheit der Spiralen und die hinderlichen Lichtbrechungsverhältnisse eine sichere Entscheidung nicht immer voll möglich ist. Bei nur einigermaßen klaren Fällen ist aber die *Spiralenverdickung schon an der Zackung der* Tracheideninnenwände sofort erkennbar. Nicht so typisch oder

---

1) B. KUBART und R. SCHWINNER. Interglaziale Schieferkohlen von der oberen Gail, Österr. Botan. Zeitschrift, 1923.

oft noch schwieriger zu entscheiden ist diese Frage jedoch bezüglich der Quertracheiden, aber auch hier kommen sie ganz unzweifelhaft im ganzen Jahresring vor, im Frühholze aber doch weniger deutlich, oder öfter auch vollends fehlend, wenngleich sie auch die dazugehörigen Längstracheiden besitzen, während sie in den Spätholzquertracheiden wohl immer deutlich sichtbar sind. Untersuchungen an einem reicheren Material müßten aber hier noch klärend einsetzen. Im übrigen weise ich auch auf meine diesbezüglichen Ausführungen über *Pseudotsuga Forrestii* hin.

Es besteht nun sicherlich gar kein Zweifel, daß wir dieses Holz im fossilen, aber auch rezenten Zustande als ein *Pseudotsuga*-holz bestimmen würden, es sei denn, daß wir uns mit *Piceoxylon* begnügen würden, worin wir *Picea*, *Larix* und *Pseudotsuga* zusammenfassen. Untersuchen wir aber den Markkörper, so erkennen wir sofort, daß auch *Picea Likiangensis* eine typische *Picea* ist, denn ihr Markkörper zeigt den nach unseren bisherigen Untersuchungen für *Picea* [*Abies* und *Keteleeria*[1])] charakteristischen Bau: mehrminder langgestreckte Parenchymzellen, die in mehrminder regelmäßigen Abständen mit Sklerenchymplatten abwechseln. Demgegenüber besitzen die beiden Schwestergattungen von *Picea*, *Larix* und *Pseudotsuga*, einen ganz anders gebauten Markkörper (abermals insoweit unsere Untersuchungen reichen). Bei *Larix* ist das Mark rein parenchymatisch, seine Zellen sind rundlich, im gleichfalls parenchymatischen Markkörper von *Pseudotsuga* sind hingegen da und dort einzelne Sklereiden eingestreut. H. STEINBÖCK wird auf diese Verhältnisse in seiner Arbeit ausführlicher zurückkommen. Vielleicht bestimmen jedoch gerade diese Zeilen einzelne Fachkollegen, uns noch mehr sicher bestimmtes Koniferenholzmaterial mit dem Markkörper zur Verfügung zu stellen, damit wir diese Untersuchungen auf ein möglichst umfangreiches Material aufbauen können. Zeigt doch dieses Beispiel wohl zur Genüge, wie ausschlaggebend die Untersuchung des im allgemeinen so sehr vernachlässigten Markkörpers bei Holzuntersuchungen sein kann. Im weiteren bestätigt dieses Beispiel aber auch vollends mein Vorgehen bei meiner *Pseudotsuga stiriaca*-Arbeit. Ich war ganz sicher vollauf berechtigt, mein Objekt mit dem Namen der rezenten Gattung zu belegen, da ich durch die Markuntersuchung, wie ich schon damals bemerkt habe, die volle Identität des Fossils mit *Pseudotsuga* erwiesen hatte. Meine Bestimmung bleibt auch durch

---

1) Diese beiden Gattungen kämen natürlich infolge ihrer fehlenden Harzgänge für eine Bestimmung dieses Holzes nicht in Betracht.

die in meiner Arbeit nicht erwähnte Untersuchung von SCHÖNFELD[1]), die mir zwar noch vor Druck der Arbeit zukam, aber von mir leider so verlegt worden war, daß sie mir dann überhaupt entglitt, unberührt, da SCHÖNFELD an seinem Materiale überhaupt keine spiralverdickten Quertracheiden fand und keinen Markkörper untersucht hat. SCHÖNFELD sind aber die verschiedenartigen Literaturangaben über die Quertracheiden gleichfalls aufgefallen, ohne daß er allerdings diese Frage irgendwie weiterhin verfolgt hätte.

Picea Likiangensis stammt aus West-Szechuan in China. Schon BAILEY[2]) spricht von einer asiatischen Art, *P. Maximowiczii* aus Japan, die auch im ersten Frühholze Spiralen haben soll, und sagt weiter, daß die europäisch-asiatischen *Picea*arten auch häufig Holzparenchym besitzen. Ich habe diese Frage schon in meinen „Beiträgen" (siehe das frühere Zitat) erörtert. Bei Vorhandensein des Markkörpers, auf den man bei dem Sammeln fossiler Hölzer nun wohl mehr als bisher wird achten müssen, werden diese Verhältnisse nach unserem heutigen Wissen allerdings ohne Einfluß auf die Bestimmung bleiben, immerhin bietet aber der anatomische Bau von *Picea Likiangensis* interessante entwicklungsgeschichtliche Ausblicke auf die *Picea-*, *Larix-*, *Pseudotsuga*-Gruppe, und das an Pflanzenschätzen scheinbar fast unerschöpfliche chinesische Innenland wird uns vielleicht noch weitere Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Koniferen liefern.

---

1) SCHÖNFELD, G., Über einige neue Funde fossiler Hölzer, Isis. 1918.

2) BAILEY, I., The structure of the wood in the Pineae, Botan. Gazette, Bd. 48.

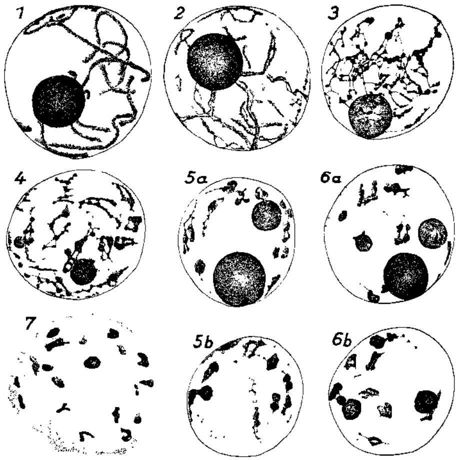


Abb. I.

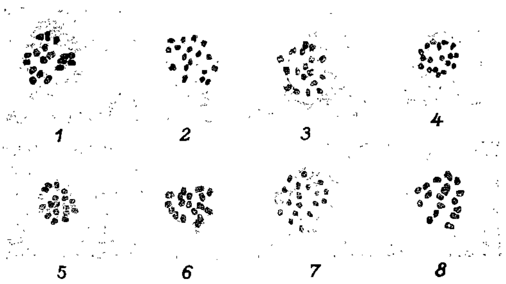


Abb. II.

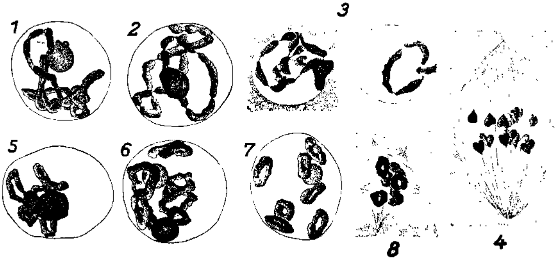


Abb. III.

Sitzung vom 25. Juli 1924.

Vorsitzender: Herr A. ZIMMERMANN.

Als neue Mitglieder werden vorgeschlagen die Herren:

Baier, Adolf, cand. phil. in **Berlin-Steglitz,** Friedrichsruher Straße 4 (durch P. METZNER und F. HERRIG),

Kolumbe, Erich, Lehrer in **Kiel-Gaarden,** Elisabethstraße 93 (durch G. SCHELLENBERG und W. NIENBURG).

Zu ordentlichen Mitgliedern werden ernannt:

Baranow, P. A., Dozent in **Taschkent,**
Bloch, Robert, cand. phil. in **Charlottenburg,**
Börner, Dr. **Carl**, Oberregierungsrat in **Naumburg a. S.**

Frl. E. SCHIEMANN referierte über Vererbungsstudien von Prof. E. BAUR an *Antirrhinum majus* unter Vorführung eines reichhaltigen, aus den Versuchen stammenden Materials.

Herr SCHREIBER berichtete über seine Kulturversuche mit Volvocineen, insbesondere über die Sexualitätsverhältnisse bei *Gonium*, und demonstrierte Kulturen und Präparate.

Herr Dr. BELAR demonstrierte und erläuterte Präparate von *Euglena* und *Cryptomonas* mit Kernteilungen, von Radiolarien mit Isosporenbildung, Entstehung von Geißeln, Befruchtung und Reduktion, von *Melandryum* mit Geschlechtschromosom.

Herr A. BLOCHWITZ sprach über Farbstoffe von *Aspergillus niger* und zeigte einige Kulturen.

Herr R. BLOCH berichtete über seine Untersuchungen über die Entholzungsvorgänge bei Luftwurzeln von Orchideen nach Verwundung.

Mitteilungen.

44. Friedl Weber: Protoplasma-Viscosität copulierender Spirogyren.

(Aus dem pflanzenphysiologischen Institut der Universität Graz.)

(Eingegangen am 2. Juni 1924. Vorgetragen in der Junisitzung.)

LEBLOND (1919) äußert sich in seiner Mitteilung „L'état de sol dans ses rapports avec l'activité fonctionelle du protoplasma" dahin: Die Umwandlung aus dem Gel- in den Sol-Zustand geht dann vor sich, wenn die Zelle aus einer Periode der Ruhe in eine „der Perioden funktioneller Aktivität übergeht, welche Wachstum und Teilung, sexuelle und asexuelle Reproduktion charakterisieren". Auch andere Autoren, die sich mit dem Studium der Cytoplasma-Viscositätsänderungen befaßten, haben sich in diesem Sinne geäußert (Literatur bei WEBER 1924). LEBLOND hat den Eintritt der Verflüssigung des Protoplasmas erschlossen aus dem Auftreten der BROWNschen Molekularbewegung im Cytoplasma eingebetteter Mikrosomen; er untersuchte speziell die Verhältnisse bei Süßwasseralgen; für Conjugaten gibt er an: „La transformation du gel en sol constitue l'une des premières manifestations de l'activité reproductrice et apparaît même avant la formation des tubes copulateurs."

Während Viscositätsänderungen im Verlaufe der Zellteilung bereits von verschiedenen Autoren, mit verschiedenen Methoden und an verschiedenen Objekten nachgewiesen worden sind, so daß sie zu den wenigen gesicherten Erkenntnissen der Zellteilungsphysik gehören, ist das Beobachtungsmaterial über Cytoplasma-Konsistenz-Änderungen bei nicht von Teilung gefolgten sexuellen Zellvorgängen noch recht spärlich. Ein günstiges Objekt für derartige Untersuchungen bieten in Copulation übergehende Spirogyren dar. Die hier verwendete Art war *Spirogyra crassa* Kütz. Die Versuche wurden im Mai 1924 durchgeführt; die Spirogyren wurden aus einem in der Nähe des Institutes gelegenen Teiche frisch geholt und in öfters gewechseltem Leitungswasser gehalten;

es stand reichliches gesundes Material zur Verfügung. Die Zentrifugierung erfolgte in der von mir 1921 angegebenen Weise. Die Centrifuge hatte eine Tourenzahl von 3000 in der Minute; der Achsenabstand der Tubenenden betrug 16 cm, die Centrifugierungsdauer 2 Minuten. Aus den zahlreichen Versuchen sind im folgenden nur einige typische Beispiele angegeben, und zwar nur solche, die sich auf zum Zwecke der Copulation zu Paaren parallel gelagerte *Spirogyra*fäden beziehen. Als in Kontakt (+) befindlich werden diejenigen Zellen bezeichnet, deren Copulationskanäle sich bereits berühren und fest miteinander verbunden sind, als nicht in Kontakt (—) befindlich dagegen solche Zellen der parallelen Fäden, die entweder überhaupt keine Copulationskanäle zueinander treiben, oder aber deren Kanäle sich noch nicht erreicht haben. Verlagert (+) wird der Zellinhalt (besonders die Chromatophorenbänder) genannt, wenn er durch die Centrifugalkraft aus seiner natürlichen Lage in das centrifugale Zellende verschoben nur mehr etwa $^1/_3$ des Zellraumes einnimmt. Die Zellen, deren Verhalten in der Tabelle angegeben ist, werden von einem Ende des Fadenpaares zum anderen fortlaufend gezählt: 6, +, — . 2, —, + bedeutet also: 6 aufeinanderfolgende Zellen je eines Fadens, deren Copulationskanäle mit denen der gegenüberstehenden Zellen verwachsen sind, zeigen nach der Centrifugierung einen vollkommen unverlagerten Zellinhalt (sowohl die Chloroplastenbänder als auch der Zellkern befinden sich in normaler Lage), die daran anschließenden je 2 Zellen haben keine oder sich nicht berührende Copulationskanäle, ihr Zellinhalt ist durch das Centrifugieren in das centrifugale Zellende geschleudert. Meist sind nur vereinzelte Zellen eines der beiden copulierenden Fäden von der Berührung ausgeschlossen, manchmal aber auch mehrere gegenüberliegende Zellen; 3 (2) bedeutet dann von einem Faden sind 3 Zellen ohne Copulationskanal, von dem gegenüberliegenden Faden aber nur 2 Zellen; bisweilen entfernen sich die Fäden auf größere Strecken von einander, dann sind naturgemäß viele Zellen nicht in Kontakt.

Die Fadenpaare, auf die sich die folgenden Angaben beziehen, standen alle noch vor der Copulation; die trennenden Wände der Kanäle waren noch nicht aufgelöst, der Zellinhalt zeigte noch dasselbe morphologische Bild wie in den nicht aneinander gelegten Zellen, insbesondere hatte das Chromatophorenband noch vegetative Konfiguration. Neben den Fadenpaaren befanden sich in dem zur Centrifugierung gebrachten Material auch reichlich isolierte Einzelfäden, die noch keinen Copulationspartner gefunden hatten.

Zellenanzahl	Kontakt	Verlagerung	Zellenanzahl	Kontakt	Verlagerung
6	+	−	2	−	+
2	−	+	7	+	−
1	+	−	1 (2)	−	+
1	−	+	3	+	−
2	+	−	2	−	+
1	−	½	2	+	−
4	+	−	1	−	+
1	−	+	2	+	−
6	+	−	1	−	+
1	−	+	8	+	−
5	+	−			
28	−	+			
34	+	−	10	+	−
			1	−	+
			6	+	−
2	+	−	1	−	+
1	−	+	6	+	−
6	+	−	1	−	+
1	−	+	1	+	−
3	+	−	1	−	+
1	−	+	4	+	−
1	+	−	1	−	+
1	−	+	12	+	−
1	+	−			
1	−	+			
1	+	−	2	−	+
1	−	+	7	+	−
5	+	−	1	−	+
3 (2)	−	+	4	+	−
1	+	−	1	−	+
1	−	+	3	+	−
4	+	−	1	−	+
1	−	+	10	+	−
3	+	−	1	−	+

Aus den Versuchen, die zu einem völlig einheitlichen Ergebnis führten, läßt sich folgendes entnehmen:

1. Bei *Spirogyra*fäden, die vor der Copulation stehen, weisen diejenigen Zellen, deren Copulationskanäle in Kontakt getreten sind, nach entsprechender Centrifugierung unverlagerten Zellinhalt auf, diejenigen Zellen aber derselben Fadenpaare, die nicht in Kontakt getreten sind, zeigen bei gleicher Centrifugierung starke Verlagerung des Zellinhaltes.
2. Der Inhalt der Zellen noch nicht zur Copulation sich vorbereitender einzelner *Spirogyra*fäden wird durch gleich starke Centrifugierung völlig verlagert.
3. Erst bei einer doppelt so langen Centrifugierungsdauer beginnt auch in den in Kontakt getretenen Zellen die Inhaltsverlagerung.

Nachdem die bisherigen Erfahrungen dafür sprechen, daß die Verlagerungsfähigkeit des Zellinhaltes ein Maß der Protoplasmaviscosität abgibt (vgl. WEBER 1924), so läßt sich daraus schließen:

4. In *Spirogyra*fäden, die in Copulationsbereitschaft stehen, tritt in denjenigen Zellen, in welchen der Kontakt der Copulationskanäle eingetreten ist, eine Erhöhung der Protoplasmaviscosität, eine Verfestigung ein; die in Kontakt getretenen Zellen haben eine zumindest zweimal so hohe Cytoplasmaviscosität wie die von der Copulation ausgeschlossenen.

Das Ergebnis ist überraschend, denn man hätte wohl eher bei den ja gewiß nicht inaktiven Zellen eine Viscositätserniedrigung erwartet. SEIFRIZ (1920) hat etwas Analoges durch Microdissectionsstudien festgestellt: Während das unreife Oogon von *Fucus* ein dünnflüssiges Cytoplasma besitzt, erwartet das reife Oogon in einem ganz und gar zähen (von SEIFRIZ allerdings als inaktiv gedeutetem) Zustand die Befruchtung. Bei *Spirogyra* muß natürlich zumindest in der männlichen Zelle die Protoplasmaviscosität doch schließlich vor der Copulation selbst abnehmen, denn sonst wäre ja das Überfließen des Zellinhaltes kaum möglich. Tatsächlich ergibt auch Centrifugierung in einem Stadium knapp vor der Transfusion eine leichtere Verlagerung des Inhaltes; eine Viscositätserniedrigung läßt sich aber daraus hier nicht mit Sicherheit erschließen, denn in diesem späteren Stadium erfahren insbesondere die Chromatophoren eine so weitgehende Veränderung, daß an der leichteren Verlagerung auch andere Faktoren mitbeteiligt sein

könnten. Die Verlagerungsgeschwindigkeit ist ja außer von der Viscosität noch vom specifischen Gewicht der zu verlagernden Teile und des Cytoplasmas abhängig, und Schlüsse auf die Viscosität lassen sich nur ziehen, „wenn die übrigen in der Formel von STOCKES enthaltenen Faktoren konstant bleiben“ (WEBER 1924). Dies ist nun — wie gesagt — unmittelbar vor der Copulation nicht mehr der Fall, und hier hätte eventuell der Einwand, den CZAPEK (1923) ganz allgemein gegen die Centrifugierungsmethode erhebt, Berechtigung, daß man nicht a priori aus der Sedimentationsgeschwindigkeit die Viscosität beurteilen darf. In Fällen aber, wie bei dem in den vorliegenden Versuchen berücksichtigten Stadium, wo keinerlei Anzeichen einer Dichte- oder sonstigen Veränderung zu sehen ist, ist dies doch wohl zulässig, ja es war gerade eine aus der Schule CZAPEKs hervorgegangene Arbeit (SZÜCS 1913), in der zum erstenmal durch die Centrifugierungsmethode an *Spirogyra* eine Erstarrung des Cytoplasmas festgestellt wurde.

Im übrigen sprechen Plasmolyseversuche dafür, daß die in Kontakt und die nicht in Kontakt getretenen *Spirogyra*zellen wirklich (in der aus der Verlagerung der Chromatophoren erschlossenen Weise) im Viscositätsgrade des Cytoplasmas sich unterscheiden. In meiner Darstellung der Methodik der Plasmaviscositätsbestimmung (1924, p. 707) habe ich ausgeführt, daß das Eintreten „eckiger“ Plasmolyse, bei der sich die Protoplasten nicht abrunden, als Anzeichen erhöhter Plasmaviscosität zu betrachten ist. Die zur Copulation parallel zueinander orientierten *Spirogyra*fäden wurden in 0·60 bzw. 0·45 GM. Traubenzucker plasmolysiert; sie zeigten dabei folgendes Verhalten: Die mittels der Copulationskanäle in Kontakt gekommenen Zellen weisen eckige Protoplasten auf, die selbst nach 2 Stunden nicht zur Abrundung neigen (Deplasmolyse aber gut vertragen), die Protoplasten der nicht in Kontakt geratenen Zellen dagegen runden sich rasch ab und bieten schon nach etwa 20 Minuten das Bild schön konvexer, perfekter Plasmolyse. Je näher der Zeitpunkt der Copulation heranrückt, um so mehr verwischen sich diese Unterschiede, denn auch die Protoplasten der durch Copulationskanäle verbundenen Zellen runden sich dann wieder leichter ab.

Es drängt sich u. a. besonders die Frage auf, was die Ursache der Viscositätserhöhung des Cytoplasmas bei Beginn desKontaktes ist. Die Antwort kann derzeit nur hypothetisch sein. VOSS (1923) hat anläßlich seiner Studien zur künstlichen Entwicklungsanregung des Froscheies auf die Möglichkeit verwiesen, daß es sich bei der dabei eintretenden Gelbildung im Ei um die Folge des Au[illegible]-

anderwirkens zweier verschiedener Kolloide handeln könnte. Nach dem Kontakt der Copulationskanäle wären solche Einflüsse zwischen den *sexuell differenten Protoplasten wohl möglich*. Eine genaue Ermittlung des Zeitpunktes der Viscositätserhöhung in den *Spirogyra*-zellen ist eine der Aufgaben, die einer weiteren Arbeit vorbehalten bleiben.

Literatur.

CZAPEK, 1923, Die Naturwissenschaften **11**.
LEBLOND, 1919, Compt. rend. Soc. Biolog. 82
SEIFRIZ, 1920, Botan. Gaz. **70**.
VOSS, 1923, Arch. f. Entw. Mechan. **52**.
WEBER, 1921, Biochem. Ztschr. **126**.
—, 1924, ABDERHALDENs Handbuch biolog. Arbeitsmeth. Abt XI, Teil 2.

45. Karl Boresch: Zur Frage der Ersetzbarkeit des Eisens bei der Chlorose.

(Eingegangen am 3. Juni 1924. Vorgetragen in der Junisitzung.)

Die Funktion, die das Eisen bei der Chlorophyllbildung in höheren Pflanzen ausübt, läßt sich nach den bisherigen Erfahrungen durch kein anderes Element versehen[1]), kein anderes Element als das Eisen besitzt die Tauglichkeit, die Eisenchlorose höherer Pflanzen zu heilen. Ja verschiedene Erfahrungen[2]) gehen dahin, daß das dem Eisen nahestehende Mangan Chlorose hervorrufen kann, indem es nach RIPPEL in der Pflanze der Wirkung des aufgenommenen Eisens entgegenarbeitet. Die im folgenden mitgeteilten Versuche, die unter dem Gesichtspunkte einer eventuellen Substituierbarkeit des Eisens durch ein anderes Element mit einer Spaltalge angestellt wurden und zu anderen Ergebnissen führten, dürften daher Beachtung verdienen.

In früheren Mitteilungen[3]) wurde eine durch Eisenmangel

1) Zitate bei FR. CZAPEK, *Biochemie der Pflanzen* **2** (1920), 500, 503 und 507.

2) Zitate bei A. RIPPEL, *Bioch. Zeitsch.* **140** (1923), 315. Auch P. L. GILE, Science **44** (1916), 855.

3) K. BORESCH, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. **38** (1920), 287; Zeitsch. f. Bot. **13** (1921), 65; Arch. f. Protistenkde. **44** (1921), 62 (Anhang).

bedingte Chlorose bei *Phormidium Retzii* (Ag.) Gom. var. *nigro-violacea* Wille beschrieben. In älteren Kulturen bei Erschöpfung des Eisenvorrates der Nährlösung ändert diese Schizophycee ihre unter normalen Ernährungsbedingungen schwärzlicholivgrüne bis dunkelolivbraune Lagerfarbe, sie wird violett, rotviolett, braunrot, rotbraun oder hell bräunlichgelb, was auf einem verschieden weit fortgeschrittenen Abbau des Chlorophylls und der es begleitenden wasserlöslichen Farbstoffe (Phykocyan und Phykoerythrin) beruht. Wie berichtet, hängt der endlich erreichte Grad der Verfärbung bzw. des Farbstoffabbaues von dem Verhältnis der Eisenmenge zu dem noch verfügbaren Stickstoff ab. In Kulturen gleichen Alters können daher je nach der Entwicklung und dem mit ihr zusammenhängenden Nitratverbrauch verschiedene chlorotische Rasenfärbungen sich ausbilden. Bei rotviolett oder violett gewordenen Kulturen, in denen ein noch genügender Stickstoffvorrat vorhanden ist, genügt zur vollkommenen Regenerierung der abgebauten Farbstoffe der bloße Zusatz eines Eisensalzes, solche Rasen werden wieder dunkelolivgrün. Bei Kulturen, die infolge Eisenmangels braunrot, rotbraun oder orange geworden sind, empfiehlt sich außer dem Eisenzusatz noch eine Vermehrung des Stickstoffvorrates, der in so verfärbten eisenchlorotischen Rasen gering zu sein pflegt, um eine vollständige Rückbildung der abgebauten Farbstoffe mit Sicherheit zu erzielen, andernfalls die Neubildung der Farbstoffe vor Erreichung des Färbungsmaximums halt machen kann. Infolge Eisenchlorose hell bräunlichgelb verfärbte Rasen endlich reagieren bisweilen überhaupt nicht mehr auf den Zusatz von Eisen und Stickstoff mit einer Farbenänderung, offenbar wegen tiefer gehender Schädigung.

Am 14. Juli erhielten 11 Monate alte, eisenchlorotische Kulturen des genannten *Phormidiums* von rotbrauner Färbung (gebrannte Sienna bis bräunlich-rotviolett) Zusätze von Chromisulfat, Manganosulfat, Kobaltchlorür, Kobaltnitrat und Nickelsulfat, so daß 0,001 molare Lösungen dieser Salze resultierten. An einem Westfenster aufgestellt und vor direkter Besonnung geschützt dunkelten die chlorotischen Rasen schon nach wenigen Tagen in den mit Chromisulfat und Manganosulfat versetzten Lösungen nach, während in den übrigen Kölbchen vorerst keine Veränderungen bemerkbar waren. Am 10. August war die ursprüngliche rotbraune Lagerfarbe im Kobaltnitratkölbchen noch erhalten, im Kobaltchlorür und Nickelsulfat waren die Rasen abgestorben und verblaßt, auch in der Mangansalzlösung war die Alge zum größten Teil abgestorben, die überlebenden Rasenstücke aber zeigten eine

tiefdunkle, sepiabraune Färbung. Der Einwand, der hier gemacht werden könnte, daß die überlebenden Teile von dem aus den abgestorbenen Fäden verfügbar gewordenen Eisen gezehrt hätten, trifft jedenfalls für das Chromisulfatkölbchen nicht zu, denn in diesem zeigte die Alge keine Spur einer Schädigung und wies gleichfalls *dieselbe dunkelsepiabraune Verfärbung auf, wie sie auch auf* Zusatz von Eisensalzen zu chlorotischen Rasen eintritt. Eine Schädigung dieses Rasens machte sich erst Wochen später bemerkbar.

In einem anderen Versuche vom 23. August wurden geringere Mengen der wirksamen Salze zu eisenchlorotischen Kulturen von braunroter Färbung zugesetzt. Konzentrationen von 0,0002 Mol Chromisulfat und Manganosulfat bewirkten zwar eine Nachdunkelung der Rasen schon nach wenigen Tagen, doch schlug ihre Farbe nur bis zum Violett um. Die Erhöhung der Konzentrationen beider Salze auf 0,0004 Mol am 28. August hatte eine weitere Vertiefung des Farbentones zur Folge, besonders üppig erschien der Manganrasen, seine am 10. Dezember durchgeführte Extraktion ergab auch eine ansehnliche Vermehrung des Chlorophylls und der Phykochromoproteide. Der Chromisulfatrasen aber wies in diesem Versuche alsbald eine am partiellen Absterben des violett gewordenen Lagers kenntliche Schädigung auf.

Ein ähnlicher Versuch wurde am 1. Januar mit drei über *ein Jahr alten, eisenchlorotischen Kölbchenkulturen* von gelbbrauner Farbe (Ton zwischen gebrannter und ungebrannter Sienna stehend) angestellt, jedoch mit der Abänderung, daß jede Kultur einen Zusatz von 2 ccm 0,25 Mol Kaliumnitrat (= 0,01 mol. KNO_3) als Stickstoffvorrat für die auszubildenden Farbstoffe erhielt und dann mit dest. Wasser auf 50 ccm ergänzt wurde. Die Konzentration im ersten Kölbchen an Chromisulfat und im zweiten Kölbchen an Manganosulfat betrug 0,0002 Mol, das dritte Kölbchen als Kontrolle erhielt keinen weiteren Zusatz. In allen drei Kölbchen trat nach etwa einer Woche eine Nachdunkelung der Rasenfärbung ein. Während diese Farbenvertiefung im Kontrollkölbchen über den Ton gebrannter Sienna nur bis zu einem hell bräunlichen Violett, wie er auch chlorotischen Kulturen eigen ist, führte, dann aber wieder zurückging, erwarben die Rasen im Manganosulfat und besonders *im Chromisulfat die tief* schwarzgrüne bis dunkelolivbraune Farbe normaler Rasen. Der Vorsprung in der Verfärbung dieser Kulturen vor der Kontrolle war schon nach 14 Tagen sehr deutlich, den Höhepunkt der Farbintensität besaßen die Chrom- und Manganrasen Mitte März, worauf sie wieder etwas zurückging. Am 21. Mai wurden die Farbstoffe, wie a. a. O. be-

schrieben, extrahiert, isoliert und kolorimetrisch verglichen. In den Chrom-, Mangan- und Kontrollrasen verhielten sich dio Mengen an Phykochromoproteiden im wässrigen Extrakt, der wegen der Gegenwart von Phykocyan und Phykoerythrin eine rotviolette Farbe besaß, wie 14,6 : 3,1 : 1,0, an Chlorophyll wie 18,9 : 12,0 : 6,3, an Carotenen wie 16,5 : 14,0 : 6,9. Die Zahlen zeigen deutlich die erfolgte Wiederausbildung der Farbstoffe bei Gegenwart von Chrom und Mangan, obwohl zur Zeit ihrer Ermittlung der Höhepunkt der Farbstoffregeneration schon überschritten war. Anstatt Manganosulfat kann zur Heilung der Chlorose auch Manganchlorür mit demselben Erfolge verwendet werden.

In den zu den Versuchen verwendeten chlorotischen Kulturen sind in der an Eisen erschöpften Nährlösung stets noch geringe Mengen freien Eisensalzes vorhanden, die sich auf Zusatz von gelbem Blutlaugensalz zu der auf ein kleines Volumen eingeengten Nährlösung durch eine gelbgrüne Färbung zu erkennen geben. Diese Eisenspuren genügen nicht zur Erhaltung der Farbstoffe in der Alge, denn sonst hätte es ja nicht zu dem chlorotischen Abbau der Pigmente kommen können. Zu diesen geringen Eisenmengen gesellen sich noch die bei aller nur möglichen Genauigkeit der Versuchsanstellung unvermeidbaren Spuren von Eisen, die durch die Zusätze den Kulturen zugeführt werden. Um die Gewißheit zu erlangen, daß es nicht etwa diese geringen Eisenmengen sind, die in chlorotischen Rasen die Neubildung der Farbstoffe bedingen, wurde im folgenden Versuche die in 0,0001 mol. Chromisulfat bzw. Manganosulfat erreichbare Färbung des Lagers, als ein Maß für die Wiederausbildung der Farbstoffe, mit jener verglichen, die in Lösungen von 0,000002 bis 0,0001 mol. Ferrosulfat herbeigeführt wird.

Sieben eisenchlorotische Rasen von mehr weniger braunroter Farbe wurden vor dem Versuch 24 Stunden in doppelt destilliertem Wasser bei dreimaligem Wasserwechsel gewässert und sodann in sorgfältig gereinigte Kölbchen in je 50 ccm dest. Wasser übertragen. Außer einer Gabe von je 1 ccm 0,1 mol. Kaliumnitrat erhielten die Kölbchen folgende Zusätze:

Nr. 1:	0,5 ccm 0,01 mol. $FeSO_4$,	entsprechend	0,0001 mol.	$FeSO_4$
„ 2:	0,25 „	„	0,00005	„
„ 3:	0,1 „	„	0,00002	„
„ 4:	0,05 „	„	0,00001	„
„ 5:	0,01 „	„	0,000002	„
„ 6:	0,5 ccm 0,01 mol. $Cr_2(SO_4)_3$	„	0,0001 mol.	$Cr_2(SO_4)_3$
„ 7:	0,5 „ $MnSO_4$	„	0,0001 mol.	$MnSO_4$

Die so beschickten Kölbchen wurden am 14. Oktober an einem Nordfenster dem Lichte ausgesetzt. Schon nach wenigen Tagen konnte in allen Kölbchen eine auf der allmählichen Verfärbung beruhende Nachdunkelung der Rasenfarbe beobachtet werden. In den höchsten Ferrosulfatkonzentrationen (Nr. 1 und 2) schritt diese Umfärbung bis zu einer tiefdunkel sepiabraunen Färbung des Lagers vor, die nach ungefähr 4 Wochen erreicht war und dann längere Zeit anhielt, um erst nach Monaten (Mitte März) wieder etwas zurückzugehen, kenntlich an dem dunkelbraunen Farbton von gebrannter Sienna am Ende des Versuches. In Nr. 1 und 2 war also die Wiederbildung der Farbstoffe am stärksten. Etwas schwächer verlief sie in Nr. 3, wo der Rasen nach 4 Wochen eine immerhin noch sepiabraune Tönung aufwies, die sich einige Wochen behauptete, dann aber abnahm und sich im März bereits der Ockerfarbe chlorotischer Rasen wieder näherte. In Nr. 4 und 5, den schwächsten Ferrosulfatkonzentrationen, war eine noch schwächere Wiederbildung der Farbstoffe zu sehen. In Nr. 4 hatte der Rasen nach etwa 14 Tagen die Farbe von gebrannter Sienna angenommen, doch machte seine Verfärbung keine Fortschritte mehr, nach weiteren 4 Wochen zeigte dieser Rasen wieder den ursprünglichen chlorotischen Farbenton, der bei Beendigung des Versuches im März orangefarben wurde. Ähnlich verhielt sich der Rasen Nr. 5, nur war die Farbstoffregeneration hier eine noch schwächere.

Der Manganosulfatzusatz im Kölbchen Nr. 7 bewirkte eine Wiederbildung der Farbstoffe, die nach ungefähr 9 Tagen dieselbe Intensität wie in Nr. 4, nach 13 Tagen wie in Nr. 3 aufwies; nach 26 Tagen hatte dieser Rasen eine sepiabraune Farbe angenommen, deren Stärke ungefähr die Mitte zwischen den Farbtönen in Nr. 2 und 3 hielt, 6 Wochen nach Versuchsbeginn war seine Farbintensität identisch mit der von Nr. 2 und verhielt sich dann auch im weiteren Verlaufe des Versuches wie die Kölbchen mit den höchsten Ferrosulfatkonzentrationen. In 0,0001 mol. Manganosulfat vollzog sich also der Prozeß der Farbstoffwiederbildung langsamer als in 0,0001 mol. Ferrosulfat, erreichte aber ungefähr denselben Grad wie in diesem oder in 0,00005 mol. Ferrosulfat und einen jedenfalls höheren als in schwächeren Konzentrationen dieses Eisensalzes, ein Beweis, daß die obenerwähnten, nicht ausschließbaren Eisenspuren niedrigerer Größenordnung es allein nicht sein können, die die Farbstoffregeneration bewirken. Es muß also das Manganosulfat selbst an der Wiederbildung der Farbstoffe in den chlorotischen Rasen teilhaben.

Was endlich das Chromisulfat in Nr. 6 anbelangt, so wirkte es hier in einer Konzentration von 0,0001 mol. noch giftig. Die gleich in den ersten Versuchstagen sonst wahrnehmbare Nachdunkelung blieb aus, nach etwa 14 Tagen blaßte der ursprünglich braunrote Ton dieses Rasens aus, nach 26 Tagen schien er abgestorben, nach etwa 6 Wochen aber fand sich ein Teil desselben tiefdunkel sepiabraun gefärbt, während der restliche Rasen abgestorben war. Trotz der offenkundigen Giftwirkung des Chromisulfates, an deren Zustandekommen vielleicht die vorgängige Wässerung des Rasens die Schuld trug, läßt sich aus diesem Versuch doch die gleichsinnige Wirkung des Chromisulfates mutmaßen.

Gesichert erscheint also das Ergebnis, daß Manganosulfat und Chromisulfat das Eisensalz bei der Farbstoffregeneration in eisenchlorotischen Rasen unseres *Phormidiums* ersetzen können. Eine offene Frage bleibt, ob diese Vertretung des Eisens durch das Mangan oder Chrom eine vollständige oder eine partielle ist. Denn das Eisen, das der ursprünglichen Nährlösung als Ferrosulfat zugesetzt worden war, ist in eisenchlorotischen Kulturen zwar größtenteils in einer für die Bildung der Farbstoffe nicht mehr verfügbaren Form festgelegt, doch lassen sich die letzten Spuren von freiem Eisen nicht ausschließen.

Außer Mangan und Chrom wurden auch andere Metalle auf ihre Tauglichkeit geprüft, das Eisen bei der Farbstoffbildung zu vertreten. Lediglich mit Uran konnte in einem Versuche, in dem 4 chlorotische Kulturen von rotbrauner Farbe Konzentrationen von 0,00001 bis 0,0001 mol. Uranylacetat erhielten, eine unvollständige, nur bis zum Dunkelviolett führende Farbstoffregeneration beobachtet werden. Die übrigen untersuchten Metalle, Nickel, Kobalt und Kupfer, vermochten die Neubildung der Farbstoffe nicht in die Wege zu leiten, zum Teil waren sie äußerst giftig, wie z. B. das Kupfersulfat, das auch in höchsten Verdünnungen ein rasches Absterben der Rasen bewirkte. Bemerkenswert ist, daß von den Metallen der Eisengruppe das wirksame Chrom und Mangan stärker elektropositiv sind als das Eisen, während das unwirksame Kobalt und Nickel in der elektrischen Spannungsreihe unter dem Eisen stehen.

Die Vertretbarkeit des Eisens durch seine Verwandten, Chrom und Mangan, bei der Wiederbildung der Farbstoffe in dem chlorotischen *Phormidium* dürfte als eine Stütze für die Ansicht[1]) gelten.

---

1) K. Boresch, Die Naturwiss. 10 (1922), 505.

daß das Eisen bei der Farbstoffbildung wie ein mineralischer Photokatalysator im Sinne NEUBERGs wirke und in dieser seiner Funktion durch ähnlich wirkende Metalle ersetzt werden könne. Die an höheren Pflanzen gemachten Erfahrungen, daß sich ihre Chlorose durch keine anderen Elemente als durch Eisen heilen läßt, müssen mit dieser Anschauung nicht im Widerspruche stehen, denn es könnten da sekundäre Momente im Spiele sein, in die uns der Einblick heute noch verwehrt ist.

Nachdem so erkannt war, daß Mangan und Chrom das Eisen bei der Farbstoffbildung zu ersetzen vermag, wurde noch ein Versuch angestellt, um zu erfahren, ob diese Metalle das Eisen auch beim Wachstum dieser Alge vertreten können. Die Kulturen wuchsen in der üblichen, aber eisenfreien Nährlösung, die mit steigenden Mengen von Chromisulfat, Manganosulfat und Ferrosulfat versetzt wurde, so daß die Konzentrationen an diesen Salzen 0, 0,0002, 0,0005, 0,001 und 0,002 mol. betrug. Verglichen mit den eisenhaltigen Nährlösungen, in denen die Alge eine gute bis üppige Entwicklung und die normale dunkelbraune oder olivgrüne Färbung aufwies, war das Wachstum in den Mangan- und Chromlösungen im allgemeinen ein sehr schlechtes, nur in 0,0005 mol. Manganosulfat und Chromisulfat war es etwas besser, ungefähr von der Stärke des in dem ohne Eisenzusatz gebliebenen Kölbchen stattfindenden Wachstums, relativ am besten kam noch die Alge in 0,0001 mol. Chromisulfat fort, die höheren Konzentrationen brachten die Alge bald zum Absterben. Nach dem Ausfall dieses Versuches scheinen Chrom und Mangan nicht die Funktionen des Eisens, die es beim Wachstum der Alge auszuüben hat, übernehmen zu können, wobei allerdings ihre ungleich höhere Giftwirkung nicht übersehen werden darf.

Zusammenfassung. In eisenchlorotischen Kulturen des *Phormidium Retzii* var. *nigro-violacea* erfolgt auf Zusatz von Chrom- und Mangansalz eine Rückbildung des Chlorophylls und seiner wasserlöslichen Begleitfarbstoffe in derselben Weise, wie dies auf Zugabe von Eisen geschieht.

Tetschen-Liebwerd (Prag), im Mai 1924.

46. Hans Pfeiffer: Zur experimentellen Anatomie der Trennungsgewebe.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 3. Juni 1924. Vorgetragen in der Junisitzung.)

Zwar ist der experimentell arbeitende Forscher bei der Untersuchung der aus dem Experiment resultierenden Pflanzengewebe manchmal dadurch in einer relativ günstigen Lage, als es ziemlich leicht gelingt, gewisse Gewebedifferenzierungen überhaupt oder an einer bestimmten Stelle zu erzwingen. Dennoch ist es meistens außerordentlich schwierig, aus der Kenntnis mehrerer Faktoren, die die Realisierung bestimmter Differenzierungsprozesse bedingen, die spezifische Wirkung einer einzelnen Bedingung zu eruieren, indem zwischen dem im Experiment geprüften Faktorenwechsel und der Beantwortung der Pflanze durch entsprechende Differenzierung unbestimmt viele Intermediärzustände vermitteln können und uns die Kenntnis derartiger Reiz- und Reaktionsketten vorläufig noch verschlossen ist. Es ist daher verständlich, daß sich entsprechende physiologische Untersuchungen schließlich fast stets mehr oder weniger in das Gebiet der Hypothese verlieren. Auch wir werden diesen Nachteil unserer Arbeit nicht ganz vermeiden können. Unsere verschiedenen Ansichten darüber, durch welche Prozesse in der Pflanze die Trennungs- und anderen Folgemeristeme entstehen, werde ich andernorts ausführlich vortragen. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse über diese Frage ließen es aber wünschenswert erscheinen, schon hier in Kürze darüber zu berichten. Anatomische Beobachtungen, die mir beim Studium der Trennungsgewebe im Blütenstiel einer *Staphylaea spec.* auffielen, sind nämlich geeignet, die bisherigen Auffassungen über die Embryonalisierung von Dauergeweben und die nachfolgende Dedifferenzierung (PFEIFFER 1923, p. 530 sq.) wesentlich zu erweitern.

Es darf wohl als begründet angesehen werden, daß bei Betrachtung aller Reaktionen der Formbildungsprozesse besonders die Korrelationen zwischen den einzelnen Gewebekomplexen bedeutsam sind, indem gerade diese Relationen bei Störungen des Gleichgewichtszustandes zwischen den Geweben in erster Linie beeinflußt werden (PFEIFFER, l. c.). Es ist also berechtigt, wenn wir uns ernsthaft um die kausalen Zusammenhänge der zur Meristem-

bildung führenden Vorgänge bemühen wollen, die Korrelationen (im w. Sinne; RHUMBLER 1912, p. 733) und ihre möglichen Variationen hauptsächlich zu berücksichtigen und in dem Komplex der anderen Realisationsfaktoren gesondert aufzufassen (KÜSTER 1916, p. 338). Zu den bedeutsamsten Beziehungen der Gewebe untereinander dürfen wir (wohl mit Recht, wie die Versuche zeigten) solche ernährungsphysiologischer Art rechnen.

In diesem Zusammenhange ist die Beobachtung wichtig, daß der Bildung von Trennungsmeristemen offenbar eine Stauung von Assimilaten vorangeht. Die Blütenstiele von *Staphylaea* zeigen in ihrem mittleren Teile schon früh die späterhin die Trennung bewirkende Folgemeristemzone. Ganz junge Blütenstiele waren in diesem Abschnitt stark an Stärke (Nachweis durch Jodjodkalium oder Jodchloralhydrat) und reduzierbarem Zucker (Darstellung durch Cu_2O - Niederschlag mittels FEHLINGscher Lösung) angereichert. Bei einem gewissen Gehalt an Kohlehydraten folgten dann offenbar schnell aufeinander zahlreiche Zellteilungen, und es ergab sich, wahrscheinlich in Zusammenhang damit, ein schnelles Absinken des Gehaltes an assimilierten Baustoffen. In den bisherigen Untersuchungen sind die übrigen Reservestoffe unbeachtet gelassen; doch ist wohl anzunehmen, daß sie in dieser Hinsicht sich kaum anders verhalten dürften[1]. Fragen wir nach der Ursache der Stauung der Assimilate, so könnten wir mit LUNDEGÅRDH (1913, p. 574) und SIMON (1920, p. 632) annehmen, daß die basipetale Wanderung von Baustoffen dort, wo kein größeres Stoffgefälle besteht, also im intakten Blütenstiel nach der Basis zur Sproßachse hin, *schon allein durch gewisse polare Differenzen* der leitenden Gewebe bedingt sein könnte. Diese strukturelle Eigentümlichkeit der leitenden Gewebe, die LUNDEGÅRDH (l. c. 573) als eigentliche, SIMON (l. c. 633) als innere Polarität bezeichnet, wäre danach der erste Anlaß zur Anhäufung der Assimilate in der mittleren Zone des Blütenstieles, die Embryonalisierung daselbst aber als Folge und anatomischer Ausdruck dieser physiologischen Prozesse anzusehen.

---

1) Es konnte festgestellt werden, daß mit der Abnahme der Kohlehydrate eine Zunahme der Acidität der Gewebe, in selteneren Fällen auch eine erhebliche Eiweißanreicherung kombiniert ist. Es bedarf weiterer Nachprüfungen, wie weit mit der Zunahme der Acidität die Entstehung eines H-Ionengefälles identisch ist, das PEARSALL und PRIESTLEY (1923, p. 189 sq.) für die Entstehung von Folgemeristemen verantwortlich machen, ohne freilich bis soweit einen einwandfreien experimentellen Nachweis zu bieten.

Daß aber diese Ansicht in unserem Falle nicht uneingeschränkt Geltung haben kann, zeigte sich bei der experimentellen Beeinflussung des Untersuchungsobjektes, die hier gleichfalls vorgetragen werden soll, weil sie eine Stütze für unsere Arbeitshypothese ergab, daß die Gewebeembryonalisierung durch Stauung von Assimilaten bedingt wird. Bereits R. FRIEDRICH (1908) hatte zur Bestätigung der erstmals von ZALESKI und HETTLINGER ausgesprochenen Ansichten nach Verletzung von Pflanzen und bei Bildung der Wundgewebe Stoffwechseländerungen konstatiert. Ebenso erwies SIMON (l. c. p. 626 sq.) kausalanalytische Beziehungen zwischen Stoffstauungen und Neubildungsvorgängen (Zellteilungen) in isolierten Blättern von *Sinningia speciosa* u. a. Da sich das Trennungsmeristem, aus dessen Auftreten der Abwurf der Blüte samt einem Teile ihres Stieles resultiert, in einem a priori nährstoffarmen Gewebekomplex bildet, so ist die veränderte Stromrichtung oder die Anhäufung der Assimilate leicht als Realisationsfaktor für die Entstehung der neu gebildeten Zellenzone vorzustellen. Wenn diese Hypothese zu Recht besteht, müßten sich durch Anstauung der Nährstoffe an beliebigen anderen Gewebekomplexen Embryonalisierungen der Dauergewebezellen erzielen lassen. Leider sind entsprechende Experimente mit recht erheblichen Schwierigkeiten verknüpft, die bislang noch nicht völlig überwunden werden konnten. Es lag nahe, sich wie SIMON zur Erzielung von Stoffstauungen an atypischen Gewebekomplexen von dem Gedanken leiten zu lassen, vorerst die Anreicherung von Assimilaten an der bislang beobachteten Stelle zu verhindern. Es überraschte einigermaßen, daß das schon dadurch gelang, daß ein Teil der jungen Blütenstiele in halber Höhe mit einer ziemlichen Lage Gips umgossen wurde (nach einigen Vorversuchen zweckmäßig auf 3—6 mm Höhe). Allerdings war es oft recht schwierig, die Blütenstiele unter diesen Verhältnissen längere Zeit gesund zu erhalten. Bald zeigte sich aber, daß durch gute Beschattung des Laubwerkes während der heißeren Stunden des Tages die Lebensbedingungen der Blütenstiele wenigstens so weit normal blieben, daß die Turgeszenz der Gewebe nicht abnahm und auch die gänzliche Eintrocknung und die Fäulnis vermieden wurden. Nach wenigen Tagen war der Stoffwechsel umgestellt, indem jetzt ganz am Grunde an einer bei normalen Pflanzen nicht präformierten Stelle die beobachtete Anstauung der Assimilate und in deren Folge die Bildung des Trennungsmeristems eintrat. Der verquollen aussehende Membranteil der Mutterzellen verdünnte sich, und die Zellen begannen zu wuchern, so daß sich

die aus ihren beiden Polen entstandenen Teilungsprodukte voneinander entfernten. In diesem Stadium ist dann zwischen dem dickerwandigen Parenchym des Blütenstielkissens und dem ebenso beschaffenen des Blütenstieles eine Schicht dünnwandiger Zellen eingeschaltet, die schon mit unbewaffnetem Auge als transparente, deutlich sichtbare Linie bemerkbar ist (ganz wie sonst im Mittelstück des Blütenstieles).

Die Ursache dafür, daß durch den Gipsverband die normal gegebene Stelle der Blütenstielablösung in der beschriebenen Weise verändert erscheint, konnte noch nicht einmal in Vermutungen umschrieben werden. Aber die Einzelheiten, welche über die Entstehung des Folgemeristems ermittelt wurden, gestatteten es doch, einen innigen Zusammenhang zwischen der Anstauung der Kohlehydrate im Blütenstielgewebe und der Auslösung der Meristembildung nachzuweisen. Freilich sagt unser Experiment nichts darüber aus, ob die Anstauung der Assimilate allein die causa morbi darstellt. Die früher vertretene Ansicht, die Ursache der (auch schnell aufeinander folgender) Zellteilungen in einer Störung der „normalen" Kernplasmaproportion zu erblicken (GERASSIMOFF 1902, p. 258; STRASBURGER 1907, p. 90 sq.) oder in einer Gleichgewichtsstörung zwischen Teilung und Wachstum (PFEIFFER 1923, p. 531) kann weiterhin zu Recht bestehen, wenn wir die unbewiesene These voraussetzen, daß durch die Kernplasmaspannung der Zellen erst die Anstauung der Assimilate o. a. hervorgerufen wird. Weiterhin ist auch die Annahme möglich, daß es durch diese Erscheinung oder evtl. mit ihr zusammen zur Bildung irgendwelcher (substantiell unbekannter) Zellteilungshormone im Sinne von HABERLANDT (1921 a, b; 1922; s. auch REICHE 1924) oder zur Entstehung eines H-Ionengefälles nach PEARSALL und PRIESTLEY (1923, p. 186; s. o.) kommt, so daß dadurch erst sich eine lebhafte Zellteilungstätigkeit ergibt[1]). Dafür würde auch die Beobachtung sprechen, daß nach dem ersten Auftreten von Verjüngungsvorgängen in dem Dauergewebe die weitere Differenzierung offenbar durch korrelative Beeinflussung der Nachbargewebe erfolgt; eine besondere Auslösung durch Nährstoffanstauung erübrigt sich. Es ist bemerkenswert, daß die geschilderte Entstehung von Trennungsmeristemen ebenso wie in den Versuchen von SIMON (l. c. 630 sq.) längere Zeit beansprucht als

1) Ob neben rein quantitativen Differenzen bei normalen (und atypischen) Zellteilungen auch qualitative eine Rolle spielen, ist nicht bekannt; vgl. TISCHLER (1922, p. 238).

die Bildung von Wundmeristemen. Vielleicht hängt das damit zusammen, wieviel Zeit bei den beiderlei Reizungen vergeht, bis überhaupt erst der Reiz perzipiert wird. Es darf wohl angenommen werden, daß bei den Reizungen durch Anstauung von Assimilaten die Grenzkonzentration erst allmählich erreicht wird und mit einem längeren Schwanken der Stoffkonzentration um den Schwellenwert zu rechnen ist. Die länger anhaltende Entfernung davon könnte u. U. ein Abklingen des Reizes veranlassen und eine erneute Reizung in der erforderlichen Höhe bedingen. Mit SIMON dürfen wir also wohl die Abhängigkeit der Präsentationszeit von den äußeren Bedingungen hauptsächlich auf die indirekte Beeinflussung durch die Assimilation des Laubwerkes zurückführen.

Zitierte Literatur.

FRIEDRICH, R., 1908, Über Stoffwechselvorgänge infolge der Verletzung von Pflanzen. Dissert. Halle a. S. 21 Seit.

GERASSIMOFF, J. J, 1902 in Zeitschr. f. allg. Physiol. 1, 220–58.

HABERLANDT, G, 1921 (a) in Sitz.-Ber. Preuß. Akad. Wiss. 8, 221.

—, —, 1921 (b) in Beitr. z. Allg. Bot. 2, 1—53.

—, —, 1922 in Biol. Zentralbl. 42, 145–72.

KÜSTER, E, 1916, Pathologische Pflanzenanatomie, 2. Aufl. Jena.

LUNDEGÅRDH, H, 1913 in Arch. f. Entwicklungsmech 37, 509–80.

PEARSALL, W. H, and PRIESTLEY, J., 1923 in New Phytol. 22, 185—91.

PFEIFFER, H, 1923 in Biol. Zentralbl. 43, 528—34.

REICHE, HILDEG, 1924 in Zeitschr. f. Bot. 16, 241–78.

RHUMBLER, L., 1912 in Handwörterb. d. Naturwiss. 2, 731—37.

SIMON, S. V, 1920 in Zeitschr. f. Bot. 12, 593—634.

STRASBURGER, E., 1907 in Progr. rei bot. 1, 1-138.

TISCHLER, G, Allgemeine Pflanzenkaryologie, LINSBAUER, Handb. d. Pflanz.-Anat., Allg. Teil, Bd II, Berlin 1921–22.

47. B. Schoenebeck: Die Antipodenvermehrung der Typhaceen.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 22. Juni 1924. Vorgetragen in der Junisitzung.)

Die Typhaceen werden von ENGLER mit den Pandanaceen und Sparganiaceen zu der Reihe der Pandanales vereinigt. Diese drei Familien zeigen zytologisch große Übereinstimmung, die sie von der benachbarten Reihe der Helobiae gut unterscheidet. SCHÜRHOFF (1921) stellt die Charakteristica dieser beiden Reihen folgendermaßen einander gegenüber:

Pandanales:	Helobiae:
Kein Mikrosporenperiplasmodium,	Periplasmodium,
zweikernige Pollen,	dreikernige Pollen,
kein Basalapparat,	*Basalapparat*,
Vermehrung der Antipoden,	keine Antipodenvermehrung,
keine große Suspensorzelle.	riesenhafte Suspensorzelle.

Er weist besonders noch darauf hin, daß sich also nicht nur die Familien, sondern in einzelnen Fällen auch die ENGLERschen Reihen zytologisch kennzeichnen lassen, was entschieden dafür spricht, daß die von ENGLER aufgestellten Reihen auch in ihrer haploiden Generation enge Verwandtschaftsverhältnisse erkennen lassen, *daß also die Aufstellung dieser Reihen auch vom zytologischen* Standpunkte berechtigt erscheint.

Allerdings sah sich SCHÜRHOFF genötigt, betreffs eines sehr wesentlichen Merkmals, nämlich der Vermehrung der Antipoden, die Typhaceen mit einem Fragezeichen zu versehen, da die bisherigen Befunde eine solche Vermehrung nicht ergeben hatten und nach der Literatur eine solche Vermehrung eigentlich kaum anzunehmen war. Doch erschien SCHÜRHOFF diese Literaturangabe bezüglich der *Antipodenvermehrung* der *Typhaceen* bereits fragwürdig, weshalb er den Typhaceen eine Antipodenvermehrung nicht absprach, sondern durch die Anbringung eines Fragezeichens bereits auf die Möglichkeit der Antipodenvermehrung bei dieser Familie hinwies.

Über die Embryosackentwicklung der Typhaceen bis zur Befruchtung liegt bisher nur eine Publikation von SCHAFFNER vor, der sich über die Antipoden folgendermaßen äußert: „The

three antipodals are already left in a caecumlike pocket at the lower part of the sac, while no definite cell walls can yet be distinguished (fig. 50, 52). The behavior of the antipodals in *Typha*, therefore, seems to be the same as has been found for *Sagittaria variabilis*, *Lilium Philadelphicum*, and some other monocotyledons, where the same kind of a pocket is developed for the antipodals." Bei seinen Figuren 50 und 52 zeichnet er nur drei kleine Kerne, die nicht durch Zellwände abgegrenzt sind, und spricht auch in der Figurenerklärung nur von den Antipodenkernen. Es sei noch bemerkt, daß eine Nachuntersuchung der Makrosporenbildung und eine Richtigstellung einiger Angaben von SCHAFFNER durch DAHLGREEN vorgenommen wurde. Doch kommt dieser Autor auf das Verhalten der Antipoden nicht zu sprechen. Er stellt eine spätere Untersuchung in Aussicht. Doch ist bisher nichts weiteres erschienen, so daß anzunehmen ist, daß er von einer weiteren Untersuchung abgekommen ist.

Da das Verhalten der Antipoden bei den Typhaceen aus den angeführten Gründen von wesentlicher Bedeutung für die Verwandtschaftsverhältnisse der Typhaceen erscheint, nahm ich eine Nachuntersuchung der Angaben SCHAFFNERs vor mit besonderer Berücksichtigung des Verhaltens der Antipoden nach der Befruchtung. Als Material verwandte ich *Typha minima* Funk. Die Samenanlagen wurden in Chrom-Essigsäure aufgekocht und nach dem Aufkochen mit dem gleichen Volumen frischer Chrom-Essigsäure versetzt. Hierdurch wurde erreicht, daß die Luft, die sich zwischen den einzelnen Blüten befindet, völlig ausgetrieben wurde, so daß das Material nach Zufügen der kalten Chrom-Essigsäure sofort untersank und infolgedessen gut fixiert wurde. Es ist dies ein Verfahren, welches SCHÜRHOFF 1907 zu dem gleichen Zwecke bei der Fixierung von *Penicillium*-Rasen in Anwendung gebracht hatte. Es wurden Schnitte von 10 μ Dicke hergestellt und mit Eisenhämatoxylin gefärbt. Entgegen den Angaben SCHAFFNERs konnte ich feststellen, daß im reifen Embryosack die drei kleinen Antipoden nicht aus drei freien Kernen bestehen, sondern als drei selbständige Zellen ausgebildet waren, deren Zytoplasma sich intensiv färbte. Nach der Befruchtung finden zuerst einige Teilungen des Endospermkerns statt, wodurch ein protoplasmatischer Wandbelag entsteht. Es muß besonders hervorgehoben werden, daß bei diesen Teilungen keine Basalzelle abgegeben wird, sondern der protoplasmatische Wandbelag grenzt sich oberhalb der drei Antipoden deutlich ab. Die Endospermbildung findet also nach dem nuklearen Typus statt. Die befruchtete Eizelle teilt sich

noch während dieser Zeit. Die Antipoden zeigen keine Veränderung. Erst nachdem sich bereits eine Anzahl Endospermkerne im protoplasmatischen Wandbelag gebildet und der Embryosack sich bedeutend vergrößert hat, setzen in den Antipoden

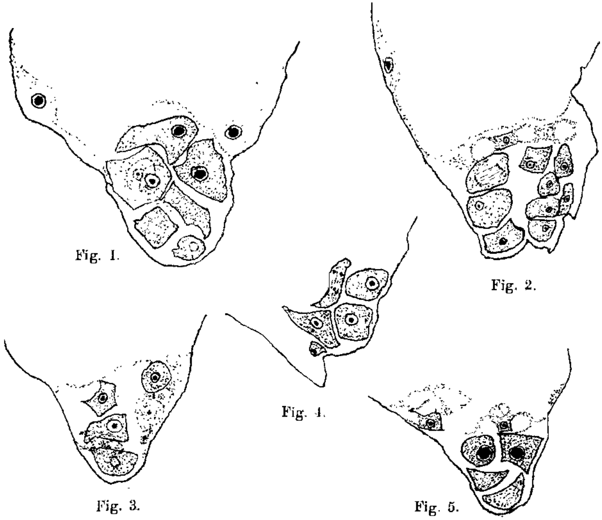


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 1 u. 2 zeigen den protoplasmatischen **Wandbeleg** des **Endosperms** mit darin enthaltenen Kernen und die Antipodengruppe, die aus einer größeren Anzahl einzelner einkerniger Zellen besteht. Man sieht deutlich die Abgrenzung des endospermalen Wandbelegs oberhalb der Antipodengruppe. Fig. 3—5. Gruppe von mehreren Antipodenzellen nach Ausbildung des protoplasmatischen Endosperm-Wandbeleges. In Fig. 2 u. 4 sieht man Teilungen in je einer Antipodenzelle, woraus hervorgeht, daß die Teilungen nicht gleichzeitig in allen Zellen verlaufen.
Vergröß. 900 : 1.

Kernteilungen ein. Sie wölben sich in das Innere des Embryosacks kugelförmig hinein und werden durch den protoplasmatischen Wandbelag des Endosperms nach dem Innern des Embryosacks hinein umkleidet. Die Kern- und Zellteilung geht nicht in allen Antipoden gleichzeitig vor sich, sondern findet bald in der einen,

bald in der anderen Antipode statt. Es wird hierdurch ein Gewebekörper hervorgebracht, der aus einer größeren Anzahl von Antipoden besteht. Ich zählte in meinen Präparaten bis zu 12 Antipoden. Das Zytoplasma der Antipoden ist sehr dicht. Doch zeigen manche Antipodenzellen, besonders die nach dem Embryosack zu gelegenen, größere Vakuolen und unterscheiden sich hierdurch von dem protoplasmatischen Wandbelag des Endosperms, der die Kerne nur in dünner Schicht umkleidet.

Wir finden also, daß bei den Typhaceen tatsächlich eine Antipodenvermehrung stattfindet. Während nun bei den Pandanaceen die Antipodenvermehrung bereits vor der Befruchtung stattfindet, beginnt die Teilung der Antipoden bei *Sparganium* vor der ersten Teilung des Endospermkerns. Bei den Typhaceen findet die Antipodenvermehrung erst statt, nachdem sich bereits eine Anzahl freier Endospermkerne gebildet hat. Wir sehen hier also eine progressive Reihe einer stets weiteren Rücklegung der Antipodenvermehrung. Auch noch in anderer Beziehung findet sich ein Unterschied insofern, als die Antipodenvermehrung der Typhaceen nicht in dem außerordentlichen Maße stattfindet, wie es bei *Sparganium* beschrieben ist. Nach den zytologischen Befunden steht das Verhalten der Typhaceen den Sparganiaceen am nächsten, so daß wir nach diesem Verhalten die Typhaceen an die Sparganiaceen anschließen müssen, und zwar können wir den Antipoden-Typus der Typhaceen als den primitivsten der Reihe auffassen. Dann würden die Sparganiaceen eine weitere Entwicklung zeigen und die Pandanales die weiteste. Oder aber wir können den Pandanaceen-Typus als primitiv annehmen und kämen dann über die Sparganiaceen zu den Typhaceen. Jedenfalls zeigt der Nachweis der Antipodenvermehrung bei den Typhaceen die enge Beziehung der drei Familien der Pandanales untereinander und ist auch ein Zeichen für den Wert der zytologischen Untersuchungen für die Systematik.

Herrn Privatdozenten Dr. SCHÜRHOFF, dem ich die Anregung zu dieser Arbeit verdanke und der mich in weitgehender Weise durch Überlassung von Material etc. bei derselben unterstützte, möchte ich nicht verfehlen, an dieser Stelle meinen Dank auszusprechen.

Literatur.

1918. **DAHLGREEN**, Die jüngeren Entwickelungsstadien der Samenanlagen von *Typha latifolia*.

1897. **SCHAFFNER**, Development of the stamens and carpels of *Typha latifolia*.

1907. **SCHÜRHOFF**, Über *Penicillium crustaceum*. **FRIES**, Beihefte zum Botan. Centralblatt.

48. A. Th. Czaja: Zur Frage der habituellen Diözie bei Onoclea Struthiopteris Hoffm.

(*Eingegangen am 24. Juli 1924. Vorgetragen in der Julisitzung.*)

Für die bisher untersuchten homosporen Farne ist fast ausnahmslos fakultative Diözie des Gametophyten bewiesen, d. h. also, das Prothallium trägt beiderlei Geschlechtsorgane nebeneinander, oder aber je nach den äußeren Bedingungen nur männliche oder nur weibliche (PRANTL, KLEBS, NAGAI u. a.). Es zeigte sich andererseits aber auch, daß diözische Kultur — hierbei handelt es sich um rein weibliche Zucht, da ameristisch-männliche Prothallien erfahrungsgemäß bei jedem hierher gehörigen Farn ohne besondere Schwierigkeiten zu erhalten sind — bei der einen Spezies auf dem benutzten Torf-Sandgemisch sehr leicht, sozusagen von selbst gelingt, während bei anderen Arten neben männlichen Vorkeimen nur noch zwittrige zu erziehen waren, rein weibliche nur in geringer Zahl oder auch gar nicht (CZAJA 1921). Diese letzteren Zusammenhänge sind bis jetzt noch ungeklärt; sie haben sich aber in einer größeren Zahl von unveröffentlichten Kulturversuchen immer wieder bestätigen lassen und zu der Vermutung Anlaß gegeben, daß biologisch-ökologische Faktoren eine entscheidende Rolle dabei spielen müssen. Die Wichtigkeit dieser Frage erhellt aus der Bedeutung diözischer Kultur für Befruchtung und Bastardierung.

Bislang konnte aber fakultative Diözie nicht für alle homosporen Farne uneingeschränkt behauptet werden, da allem Anschein nach *Onoclea Struthiopteris* diese Gesetzmäßigkeit durchbricht. In der dritten Auflage seines schönen Werkes: The strukture and development of Mosses and Ferns (1918) bemerkt D. H. CAMPBELL auf Seite 306, daß einige wenige Arten homosporer Farne diözisch sind und präzisiert diese Angabe auf Seite 314 näher auf das *Genus Onoclea* und einige andere Polypodiaceen. Für die meisten der Polypodiaceen bekennt sich CAMPBELL zu der Meinung PRANTLs, daß besonders die ameristisch-männlichen Vorkeime das Ergebnis ungenügender Ernährung darstellen: „but in *Onoclea* it is something more than this, as not only the small prothallia are male, but the large ones are exclusively female and not hermaphrodite, as in most Ferns.“ Diese Angaben beziehen sich auf *Onoclea Struthiopteris* und sind bis jetzt unwidersprochen geblieben.

Jedenfalls mußte ein habituell diözischer homosporer Farn für Kreuzungsversuche von besonderem Interesse sein, außerdem aber, weil er die einzige Ausnahme unter den bisher bekannt gewordenen Arten darstellt, denn für die „some other Polypodiaceae“ führt CAMPBELL keinen Beleg an, noch ist mir aus der Literatur oder eigenen Versuchen ein derartiger Fall bekannt geworden.

Über *Onoclea* liegen vier Untersuchungen vor, auf welche sich CAMPBELL stützt: CAMPBELL (1887), MOTTIER (1907 und 1910) und WUIST (1910). CAMPBELL fand in seinen Nährlösungskulturen nur ameristisch-männliche und ältere weibliche Prothallien. Er schreibt dort auf Seite 26: „The prothallia are always strongly *dioecious, the male prothallia never bearing archegonia and the* female only in rare cases developing antheridia, and then only in small numbers, and before the archegonia are mature.“ Übergangsstadien hat dieser Autor anscheinend nur in seltenen Fällen gefunden. In seiner ersten Publikation über *Onoclea* stellte MOTTIER (1907) ohne Nennung des Objekts fest, daß neben männlichen und weiblichen Individuen in geringer Zahl auch hermaphrodite vorkommen. Später (1910) *fand er in Kulturen auf Erde unter* günstigen Außenbedingungen etwa 12% zwittrige Vorkeime. In Dünnsaaten erhielt er unter 150 Prothallien je etwa zur Hälfte männliche und weibliche, wobei die letzteren etwa zu 10% hermaphrodit waren. Aus diesen Versuchen und aus solchen, in denen nur der Inhalt eines Sporangiums ausgesät wurde, deren Ergebnis aber ganz ähnlich wie das der übrigen Kulturen war, schließt MOTTIER, daß die Sporen nicht sexuell determiniert sind, noch daß ein Geschlechtschromosom vorhanden sein kann. Immerhin kommt er zu der Überzeugung, daß in gewissen Fällen die männliche, in anderen die weibliche Tendenz dominiert. Wie er sich aber das Zustandekommen einer solchen Dominanz denkt, wenn den Außenbedingungen keine entscheidende Rolle dabei zukommt, darüber werden keine Angaben gemacht. Frl. WUIST (1910) erhielt in ihren Kulturen auf Erde in 1% der Fälle monözische Prothallien, die übrigen schienen regelrecht diözisch. Weibliche Prothallien in BEYERINCKsche Nährlösung übertragen ergaben in etwa der Hälfte der Fälle monözische, indem sich Antheridien an den Randzellen entwickelten. Übertragen von Vorkeimen aus Kulturen in destilliertem Wasser hatte in der Mehrzahl der Fälle monözische Entwicklung zur Folge. In weiteren Nährlösungskulturen wurden zahlreiche zweigeschlechtliche Prothallien beobachtet. Im Text sind diese Ergebnisse von CAMPBELL nicht benutzt worden.

Die Resultate MOTTIERS, besonders aber *diejenigen von*

Frl. Wuist sprechen keineswegs für eine Ausnahmestellung des Gametophyten von *Onoclea Struthiopteris* unter den übrigen hierher gehörigen Farnen; zu dem gleichen Resultat führten die nun zu beschreibenden eigenen Kulturversuche.

Die Sporen wurden von mir selbst im Botanischen Garten in Jena am 21. September 1922 von Freilandpflanzen geerntet. Die Aussaat erfolgte am 2. Mai d. J. auf das von mir schon mehrfach benutzte Torf-Sandgemisch (je etwa zur Hälfte), angefeuchtet und später gegossen mit destilliertem Wasser. Die Ausgangsmaterialien Torf, Sand und Tonschalen wurden sorgfältig sterilisiert. Die Kulturen wurden in flachen Tonschalen, mit einer Glasscheibe bedeckt, angelegt, die zu mehreren wieder in einer großen, ebenfalls mit einer Scheibe zugedeckt, an der Nordseite des Versuchsgewächshauses auf der Tablette standen. Direktes Sonnenlicht wurde durch aufgehängte Papierblenden von den Kulturen ferngehalten. Die Sporen wurden möglichst dünn ausgesät, nachdem im vorhergehenden Jahre dichter gesäte Kulturen angelegt worden waren. Die Gestalt der Prothallien, besonders der papillöse Rand der Lamina sind so charakteristisch, daß Identifizierung der Prothallien ohne weiteres meist schon makroskopisch, sicher aber mit der Lupe erfolgen kann. Die Untersuchung der Vorkeime wurde nur unter dem Mikroskop vorgenommen. Solche dünngesäten Kulturen lassen vier verschiedene Typen von Prothallien unterscheiden.

1. Faden- bis unregelmäßig flächenförmige Kümmerprothallien, mit relativ geringer Zellenzahl, ohne Andeutung eines Meristems. Diese Vorkeime sind z. T. dicht übersät mit Antheridien, die bei vorsichtiger Wässerung sämtlich unentleert bleiben und bei Zugabe von Wasser fast momentan große Mengen von Spermatozoiden entleeren. Diese ameristisch-männlichen Prothallien treten wohl bei allen leptosporangiaten Farnen leicht und in großer Zahl dann auf, wenn ungenügende Wachstumsbedingungen vorhanden sind, besonders bei dichtem Stand der Pflänzchen. In den Dichtsaaten von 1923 traten sie in großer Menge auf, ganz entsprechend wie bei anderen Farnen; in den diesjährigen Dünnsaaten wurden sie nur dann beobachtet, wenn mehrere Sporen dicht zusammenliegend gekeimt waren, einzeln fanden sie sich nie.
2. Meristische Prothallien von der typisch herzförmigen Gestalt, jedoch noch relativ klein. Unterhalb des Meristems trugen diese noch kein Parenchympolster, das ganze Prothallium

war also noch einschichtig. Infolgedessen waren auch noch keine Archegonien vorhanden. Der basale Teil dieser Vorkeime zeigte ausnahmslos reichlich Antheridien, die sämtlich flächenbürtig waren.

3. Meristische Prothallien der gleichen Art, aber von größerer Flächenausdehnung. An diesen ist unterhalb der Meristembucht schon das Parenchympolster angelegt, noch sehr kurz, aber es trägt schon ein bis mehrere Archegonien. Der basale Teil dieser Prothallien trägt genau wie der der unter (2) beschriebenen reichlich Antheridien. Dieser Typ von Vorkeimen ist also ausgesprochen hermaphrodit.
4. Ältere und größere herzförmige Prothallien von kräftigem Wuchs und mit wohlentwickeltem Parenchympolster. Diese ausgewachsenen Prothallien tragen nur Archegonien in breiter Front. Die mehr oder weniger große Zahl entleerter und gebräunter Archegonien liefert deutlichen Beweis für das relative Alter ihrer Träger. Antheridien wurden an keinem derartigen Exemplar beobachtet.

Das Zahlenverhältnis der einzelnen Typen ist kein konstantes, sondern ändert sich mit dem Alter der Kulturen. Auf frühem Stadium überwiegen die Individuen vom Typus (2), diese gehen dann über in den Typus (3) und in älteren Kulturen findet man vorwiegend den Typus (4). Die ameristisch-männlichen Prothallien (Typus [1]) erhalten sich, wenn die zugehörigen Bedingungen bestehen bleiben.

Als Ergebnis dieser Feststellungen muß folgendes gelten: Die Prothallien von *Onoclea Struthiopteris* haben die Tendenz, auf dem Torf-Sandgemisch leicht rein weibliche Formen zu bilden. Zwittrig sind die meristischen Vorkeime nur in frühem Entwicklungszustand, während sie später nur selten oder überhaupt keine Antheridien ausbilden. Dieses Verhalten des Farnes ist aber weder überraschend noch neu, denn es wurde von uns schon früher (1921) für *Gymnogramme chrysophylla* und *Blechnum brasiliense* angegeben und später auch für *Platycerium grande* aufgefunden. Die eingehenden Nährlösungsversuche von Frl. WUIST geben ja deutliche Beweise für die sexuelle Beeinflußbarkeit der Prothallien durch Wechsel von Außenbedingungen. Nach diesen Ergebnissen liegt also kein Grund mehr vor, dem Gametophyten von *Onoclea Struthiopteris* eine Ausnahmestellung gegenüber den anderen leptosporangiaten Farnen einzuräumen, noch Dominanz der männlichen oder weiblichen Tendenz in besonderen Fällen anzunehmen, wenn man das in der Einleitung über die Elimination der einen oder

anderen Art von Geschlechtsorganen Gesagte in Rücksicht zieht. In der Tat hat MOTTIER recht, wenn er schreibt, daß der allgemeine Eindruck der Prothallien des fraglichen Farnes der ist, daß sie diözisch sind. Diesen Eindruck kann man allerdings bei oberflächlicher Untersuchung gewinnen, desgleichen aber auch bei den obenerwähnten Farnen. Nimmt man die Untersuchung aber nicht nur zu einem sehr späten Zeitpunkt nach der Aussaat vor, sondern in gewissen Zeitabständen, und prüft man alle Entwicklungsstadien von den kleinsten bis zu den größten Individuen, so kann kein Zweifel darüber bestehen bleiben, daß sich der Gametophyt von *Onoclea Struthiopteris* nach seinem sexuellen Verhalten lückenlos den übrigen leptosporangiaten Farnen anschließen läßt.

Somit muß es als bewiesen gelten, daß der Gametophyt sämtlicher bisher untersuchten homosporen Farne ohne Ausnahme nur fakultativ diözisch ist.

Berlin-Dahlem, Pflanzenphysiologisches Institut, im Juli 1924.

Literatur.

CAMPBELL, D. H.: The development of the Ostrich Fern, *Onoclea Struthiopteris*. Mem. Boston Soc. Nat. Hist. 1887. 4, Nr. 2;

CAMPBELL, D. H.: The structure and development of Mosses and Ferns. New York. 3. A. 1918.

CZAJA, A. Th.: *Über Befruchtung, Bastardierung und Geschlechtstrennung* bei Prothallien homosporer Farne. Ztschr. f. Botanik. 1921. **13.**

MOTTIER, D. M.: History and control of sex. Proc. Ind. Acad. Sci. 1907.

MOTTIER, D. M.: *Notes on the sex of the* gametophyte *of Onoclea Struthiopteris*. Bot. Gazette. 1910. **50.**

WUIST, E. D.: The physiological conditions for the development of monoecious prothallia in *Onoclea Struthiopteris*. Bot. Gazette. 1910. **49.**

Hinweis!

Diesem Hefte liegt ein **Wahlzettel** *bei, der die von der Wahlkommission gemachten Vorschläge für die Wahl des Präsidenten, seines Stellvertreters und des Ausschusses enthält. Es wird gebeten, diesen genehmigt oder beliebig abgeändert bis zum* ***15. Dezember d. J.*** *an*

Herrn Prof. Dr. ***B. Leisering, Berlin NO 43,***
Am Friedrichshain 15,

in geschlossenem Umschlage einzusenden. Auf der Adressenseite ist der Vermerk „Wahlangelegenheit", auf der Rückseite der Absender anzugeben.

Sitzung vom 31. Oktober 1924.

Vorsitzender: Herr A. ZIMMERMANN.

Der Vorsitzende teilt mit, daß zwei unserer Mitglieder verstorben sind: Herr Dr.

G. B. de Toni,

Professor und Direktor des Botanischen Gartens in **Modena,** der am 31. Juli 1924 gestorben ist, und Herr Dr.

Carl Brick,

Professor am Institut für angewandte Botanik in **Hamburg,** der am 18. August 1924 auf einem Botanischen Ausflug des Gartenbauvereins plötzlich infolge eines Schlaganfalls verschied.

Zu Ehren der Dahingegangenen erheben sich die Anwesenden von ihren Plätzen.

Als neue Mitglieder werden folgende Damen und Herren vorgeschlagen:

Bierbrodt, W., Rektor in **Kamen** (Westf.) (durch W. BENECKE und W. MEVIUS),

Borissow, Georg, Assistent am Botanischen Laboratorium des Agronomischen Instituts in **Wladikawkas** (durch PRIANISCHNIKOFF und B. LEISERING),

Domontowitsch, M. K., Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Station für Pflanzenernährung und Düngung an der Landwirtschaftlichen Akademie in **Petrowskoje-Rasumowskoje** bei Moskau (durch A. BUCHHEIM und P. STARK),

Fiebrig, Dr. **Karl,** Direktor des Botanischen Gartens in **Paraguay** (durch H. PFEIFFER und J. MATTFELD),

Gemeinhardt, Konrad, Pharmazierat in **Berlin NW 21,** Bochumer Straße 21 (durch R. W. KOLBE und E. TIEGS),

Hosbach, Otto, stud. rer. nat. in **Münster i. W.** (durch W. BENECKE und W. MEVIUS),

Jäger, Fräulein **Maria,** stud. rer. nat. in **Münster i. W.** (durch W. BENECKE und W. MEVIUS),

Kallenbach, Franz, Lehrer in **Darmstadt,** Frankfurter Straße 57 (durch H. SCHENCK und H. HEIL),

Kaßmann, Fräulein **Franziska,** stud. rer. nat. in **Münster i. W.** (durch W. BENECKE und W. MEVIUS),

Kauffmann, Fräulein **Katharina,** stud. rer. nat. in **Münster i. W.** (durch W. BENECKE und W. MEVIUS),

Kerckhoff, Hermann, Apotheker in **Münster i. W.** (durch W. BENECKE und W. MEVIUS),

Kurschat, Fräulein Dr. **Margarete,** Studienreferendarin in **Halle a. S.,** Staudestr. 5 (durch G. SCHMID und R. ZANDER),

Lünschermann, Fr., Lehrer in **Kirchlinde** bei Dortmund, Wasserstr. 9 (durch W. BENECKE und W. MEVIUS),

Oberreuter, Fräulein **Margarete,** cand. rer. nat. in **Stuttgart,** Urbanstraße 72, III (durch E. LEHMANN und F. OEHLKERS),

Rasdorsky, W., Professor in **Wladikawkas** (Rußland), Botanisches Laboratorium des Agronomischen Instituts (durch PRIANISCHNIKOFF und B. LEISERING),

Risch, Carl, Apothekenbesitzer in **Bärwalde** (Neumark) (durch R. KOLKWITZ und E. TIEGS),

Rose, S. R., D. Sc., Professor of Botany am Carmichael Medical College, **Calcutta** (India) (durch H. KNIEP und A. Th. CZAJA),

Sirks, Dr. **M. J.** in **Wageningen** (Niederlande) durch F. A. F. C. WENT und A. PULLE),

Urban, Otto, Direktor der Deutschen Schule in **Osorno** (Chile), Casilla 123 (durch K. L. NOACK und L. BRAUNER),

Wartenberg, Hans, stud. rer. nat. in **Münster i. W.** (durch W. BENECKE und W. MEVIUS),

Zāmels, Alexander, Assistent am Botanischen Institut in **Riga,** Kronvald-Boulev. 4 (durch E. ULBRICH und H. HARMS).

Zu ordentlichen Mitgliedern werden ernannt die Damen un Herren:

Alexeev, Artemij J., Dozent in **Taschkent**,
Bayer, Adolf, stud. phil. in **Berlin-Steglitz**,
Flerov, B. K., Assistent in **Moskau**,
Heinemann, Frl. Dr. **Käthe**, Studienrat in **Cassel**,
Jüssen, Franz Josef, cand. phil. in **Berlin-Steglitz**,
Kuckländer, Erich Theodor, cand. phil. in **Berlin-Friedenau**,
Nessel, Hermann, Obergärtner in **Berlin-Dahlem**,
Pieper, Walter, cand. pharm. in **Berlin-Schöneberg**,
Rabien, Herbert, Apotheker in **Braunschweig**,
Ullrich, Dr. **Hermann** in **Leipzig-R.**,
Zadowsky, A. E., Assistent in **Moskau**.

Der Vorsitzende gibt bekannt, daß der Vorstand beschlosse hat, gemäß § 29 der Satzungen 73 Mitglieder, die seit mehrere Jahren trotz wiederholter Mahnung den Mitgliedsbeitrag nicl gezahlt haben, aus der Mitgliederliste zu streichen.

Der Vorsitzende teilt mit, daß er im Namen der Gesellscha Glückwunschschreiben gerichtet hat an unsere Mitgliede Herrn Prof. Dr. O. REINHARDT zum 70. Geburtstage, Herrn G heimen Regierungsrat Prof. Dr. G. BERTHOLD, gleichfalls zu 70. Geburtstage und Herrn Geheimen Regierungsrat Prof. D L. WITTMACK zum 85. Geburtstage. Er verliest die von de Jubilaren eingelaufenen Dankschreiben, worauf die in der Sitzun anwesenden Herren REINHARDT und WITTMACK noch mündlicl Dankesworte hinzufügen.

Am 29. September 1924 feierte das Institut für Gärung gewerbe (Berlin, Seestr. 13—15) sein 50jähriges Bestehe Unsere Gesellschaft war bei der Feier durch den 2. Vorsitzende Herrn H. HARMS, vertreten, der herzliche Glückwünsche ausssprac

Satzungsgemäß fand in der Sitzung die Wahl des Berliner Vorstandes für das Jahr 1925 statt, die folgendes Ergebnis hatte:

Vorsitzender: Herr H. HARMS,
1. Stellvertreter: Herr R. PILGER,
2. Stellvertreter: Herr H. KNIEP,
1. Schriftführer: Herr B. LEISERING,
2. Schriftführer: Herr F. HERRIG,
3. Schriftführer: Herr M. BURRET,
Schatzmeister: Herr E. TIEGS.

Redaktionskommission: Außer dem Vorsitzenden und den *Schriftführern die Herren A. ENGLER, H. MIEHE und C. CORRENS.*

Kommission zur Vorbereitung der Wahlen und der Generalversammlung: Die Herren R. KOLKWITZ, F. DUYSEN, H. MIEHE, A. ZIMMERMANN, K. SNELL.

Da der Hörsaal des Pflanzenphysiologischen Instituts für Vorlesungen Freitags bis um 7 Uhr in Anspruch genommen ist, wird **der Beginn der wissenschaftlichen Monatssitzungen während des Winterhalbjahres 1924/25 auf 7½ Uhr pünktlich verschoben.**

Mitteilungen.

49. P. N. Schürhoff: Die geschlechtsbegrenzte Vererbung der Kleistogamie bei Plantago Sect. Novorbis.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

Nach dem in der Generalversammlung zu Berlin-Dahlem am 8. August 1924 gehaltenen Vortrage.

Die vorliegende Veröffentlichung gliedert sich in zwei Teile, von denen der erste die Entstehung des Embryo bei *Plantago* Sect. *Novorbis* behandelt, während der zweite auf die erbliche Fixierung der Kleistogamie eingeht.

In seiner Veröffentlichung „Biologie und Systematik von *Plantago* Sect. *Novorbis*" berichtet PILGER (1913), daß er niemals ein Austreiben der Pollenschläuche bei diesen Arten beobachtet habe. „Die Entwicklung des Embryo geht nicht vom Embryosack aus, sondern von Zellen des Nuzellus in der Chalazagegend; ich bin über die Einzelheiten dieses Vorganges nach den in diesem Jahre untersuchten Blüten noch nicht überall ins klare gekommen und werde das Studium an neuem Material im folgenden Jahre fortsetzen."

Auf Anregung von Herrn Prof. PILGER habe ich die zytologischen Untersuchungen vorgenommen. Die Feststellung, ob es sich hier um Befruchtung oder Nuzellarembryonie handelt, ist für verschiedene biologische Eigentümlichkeiten im vorliegenden Falle von Wichtigkeit.

Bei diesen südamerikanischen *Plantago*-Arten finden wir einesteils Individuen mit männlichen Blüten, die sich öffnen, und deren Antheren weit hinausragen, die Fruchtknoten dieser Blüten sind jedoch degeneriert und erzeugen niemals Samen. Andererseits gibt es in der überwiegenden Mehrzahl Individuen mit zwittrigen Blüten, welche geschlossen bleiben, und bei denen höchstens ein sehr kleiner Teil des Griffels aus der geschlossenen Blüte hervorragt. Diese Blüten besitzen 4 sehr kleine Staubgefäße, die normalen Pollen erzeugen. Da die Blüte stets geschlossen bleibt, kann dieser Pollen nicht zur Fremdbestäubung Verwendung finden.

Männliche Stöcke mit offenen Blüten standen mir bisher nicht lebend zur Verfügung, doch habe ich verschiedene Schritte unter-

nommen, um solches Material zu bekommen; ich rechne damit, im nächsten Jahre über männliche Stöcke verfügen zu können und werde dann meine Untersuchungen hiermit ergänzen.

Die Angabe von PILGER, „der Längsschnitt durch die kleine Anthere zeigt, daß vier Fächer vorhanden sind“, konnte ich nicht bestätigen. Auf dem Querschnitt sieht man deutlich, daß nur die beiden äußeren Antherenfächer entwickelt sind und Pollen enthalten, während sich die Anlage der inneren Antherenfächer noch an der entsprechenden Verwölbung erkennen läßt (s. Abb. 1).

Von LUDWIG (1880) wurde *P. virginica* in Kultur genommen und darüber folgendes berichtet: „*Plantago virginica*, dessen Samen ich aus dem Botanischen Garten in Göttingen bezogen, blühte in meinem Garten nur kleistogamisch.“

Bemerkenswert ist nun, daß die geschlossenen Blüten einen vollkommen normal entwickelten Fruchtknoten haben, und daß die ohne Fremdbestäubung entstandenen Nachkommen stets wieder Individuen mit geschlossenen Blüten sind.

In seinen Kulturen erhielt auch PILGER stets nur geschlossene Blüten, und auch die im Jahre 1923 und 1924 gemeinsam von Herrn Prof. PILGER und mir ausgeführten Kulturen brachten nur geschlossene Blüten hervor.

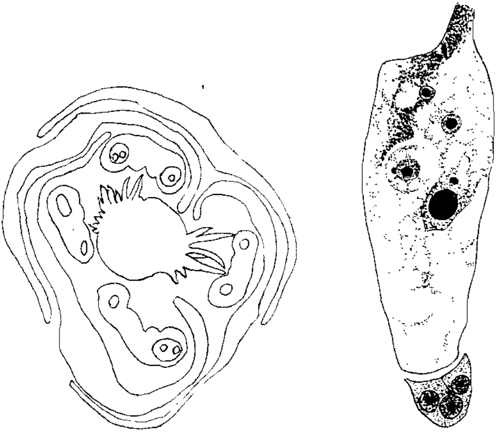
Hieraus ergibt sich, daß die geschlossenen Blüten ein gut entwickeltes Gynäzeum haben, während das Andrözeum sehr reduziert ist, die offenen Blüten zeigen das entgegengesetzte Verhalten. Wir können hierin wohl einen Übergang zur Diözie sehen.

Die von uns mit Samen von *P. hirtella* vorgenommenen Kulturen ergaben, wie bereits erwähnt, stets geschlossene Blüten. Die zytologische Untersuchung zeigte, daß der Embryosack normal ausgebildet wird. Die Papillen der Narbe legen sich an die Pollensäcke direkt an und stoßen meistens genau auf die Stelle zu, wo der Pollensack sich öffnet (s. Abb. 1). Es findet normale Befruchtung in der geschlossenen Blüte statt; der Pollenschlauch ist auch in der Mikropyle zu verfolgen, womit ich die Angaben RÖSSLERs (1917), daß die Befruchtung bei *Plantago* im Gegensatz zu älteren Angaben porogam erfolgt, bestätigen kann.

Hieraus ergibt sich, daß die Embryonen der geschlossenen Blüten *keine Nuzellarembryonen sind, sondern auf geschlechtlichem* Wege entstehen. Ferner ist hierdurch der Vorgang der Kleistogamie vollkommen sichergestellt.

Nun könnte man annehmen, wie PILGER auch glaubt, daß *die kleistogamen Pflanzen in der Lage seien, sowohl* „männliche“ Stöcke mit offenen Blüten, als auch „weibliche“ mit geschlossenen

Blüten hervorzubringen. Dem widerspricht in erster Linie das Ergebnis der Kulturen. Dann müßte man aber ferner die Voraussetzung machen, daß die Pollenkörner der geschlossenen Blüten heterogametisch sind: durch die Reduktionsteilung würden dann 50 % geschlossene und 50 % offene Blütenanlagen in den Pollen gebildet werden. In den Kulturen der kleistogamen Pflanzen treten



1 2

Abb 1. *Plantago hirtella.*

1 Querschnitt durch die Blüte. Vergr. 50. — 2. Befruchtung. Spermakerne in Kopulation mit dem Eikern bzw. dem sekundären Embryosackkern. Vergr. 1000

aber stets nur Nachkommen mit geschlossenen Blüten auf. Hieraus ergibt sich, daß die „weibliche" Pflanze homozygotisch ist. Mit der Voraussetzung der Heterogametie der Pollen der kleistogamen Blüten müßte übrigens auch Heterogametie der Makrosporen und infolgedessen der Eizellen angenommen werden, da die ganze Pflanze beide Anlagen führen müßte, eine Annahme, die mit unseren sonstigen Erfahrungen durchaus in Widerspruch steht. Es handelt sich also unstreitig bei den Formen mit geschlossenen Blüten um homozygote, morphologisch zwittrige, karyologisch aber rein weibliche Pflanzen.

Wir kommen nun zu der interessanten Tatsache, daß durch die Kleistogamie stets nur die karyologisch weibliche Form der betreffenden Art gebildet wird. Die Erklärung ergibt sich daraus, daß wir es hier mit einer zytologisch bereits völlig diözischen Art zu tun haben. Die Pollen der geschlossenen homogametischen Blüten haben demzufolge karyologisch rein weibliche Tendenz, wie wir dies aus den gelegentlich an weiblichen *Urtica dioica*- und *Mercurialis annua*-Stöcken auftretenden reduzierten männlichen Blüten bereits kennen, bei denen die Nachkommen ebenfalls nur Weibchen sind.

Wir müssen demnach die offenen Blüten als die männlicher Stöcke ansprechen und können uns ihr Vorkommen bzw. das der männlichen Pflanzen nur dadurch erklären, daß eine Kreuzung zwischen geschlossenen Blüten, bei denen der Griffel aus der Blüte ein wenig hervorragt, und offenen männlichen Blüten zustande kommt. In letzterem Falle würden wir etwa zur Hälfte Nachkommen mit offenen, zur Hälfte solche mit geschlossenen Blüten erhalten.

Es dürfte zweckmäßig sein, sich die Geschlechtsverhältnisse bei hermaphroditen und diözischen Pflanzen einmal graphisch klarzulegen.

In den nachstehenden Darstellungen von Chromosomengarnituren ist das Geschlechtschromosom gegenüber den anderen bedeutend größer gezeichnet. Weiß soll die weibliche Tendenz, schraffiert die männliche Tendenz veranschaulichen.

Bei einer zwittrigen Pflanze haben wir in der diploiden Chromosomengarnitur zweimal den ♂ und zweimal den ♀ Faktor vertreten.

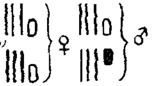
(a)

Beide Faktoren sind hier gleichwertig. Bei der Reduktionsteilung entstehen stets gleiche Gameten, die durch Kopulation wieder den angegebenen Chromosomensatz zustande bringen.

Auf die Frage, wie nun in der Blüte einesteils das Andrözeum, anderenteils das Gynäzeum angelegt wird, ist zu antworten, daß in den Vegetationspunkten der Blüte in dem einen Fall eine männliche, in dem andern Fall eine weibliche Dominanz auftritt, wodurch die Bestandteile der Chromosomengarnitur selbst nicht geändert werden. Dies geht besonders daraus hervor, daß dieses

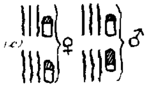
Dominantwerden reversibel ist, so daß in manchen Fällen festgestellt werden konnte, daß in den Samenanlagen oder am Griffel Pollen sich bilden, während bei petaloiden Antheren von *Hyacinthus* in den einzelnen Pollen die Ausbildung von Embryosäcken beobachtet wurde. Als Zwischenglied ist noch die Petaloidie zu nennen, die dadurch zustande kommt, daß die Dominanz des einen Geschlechtes verschwindet, aber nur bis zum Ausgleich, also zum Vegetativwerden, nicht aber völlig in die entgegengesetzte Dominanz umschlägt.

Das Verhalten der diözischen Pflanzen ist nun dadurch zu erklären, daß in der Chromosomengarnitur Veränderungen vor sich gegangen sind, indem beim weiblichen Geschlecht die männchenbestimmenden Anteile geschwächt sind, so daß wir also heterogametische Pollenkörner haben. Bei völlig reiner Diözie würde das weibliche Individuum die männchenbestimmenden Chromosomenanteile völlig verloren haben, während das männliche Individuum einen rein weiblichen und einen rein männlichen Haploidsatz besitzen würde. Die männlichen Individuen würden dann dadurch zustande kommen, daß in diesem gemischten Chromosomensatz die männliche Tendenz dominiert. Demnach würde die reine Diözie folgenden hypothetischen Chromosomensatz aufweisen:

(b) 
rein diözisch;
♂ dominiert über ♀

Nun zeigen aber viele bekannte Beispiele, vor allem *Urtica dioica* und *Mercurialis annua*, auch unsere *Plantago*-Arten gehören hierher, daß die Entfernung des einen Geschlechts aus dem hypothetischen Geschlechtschromosom nicht völlig durchgeführt ist. Wir erkennen dies daran, daß morphologisch häufig noch männliche oder weibliche Tendenzen mehr oder weniger zum Ausdruck kommen, wenn eine Differenzierung in zwei Geschlechtstypen schon völlig erfolgt ist. Die kleinen männlichen Blüten auf weiblicher *Urtica* und *Mercurialis* sind zytologisch homogametisch, und zwar weiblich; ihr Auftreten beweist andererseits, daß in dem Chromosomensatz noch männliche Tendenzen vorhanden sind. Wir können uns dies in der Art vorstellen, daß wir annehmen, daß bereits ein Verlust an männlichen Chromomeren eingetreten ist,

daß aber noch einige männliche Chromomeren erhalten geblieben sind. Wir erhalten dann folgendes Schema:



diözisch:
♂ dominiert über ♀

Die *Plantago*-Individuen mit geschlossenen Blüten können wir als solche ♀ Pflanzen ansprechen, während die mit offenen Blüten die entsprechenden ♂ darstellen. Hierdurch erklärt es sich, daß die durch Kleistogamie entstandenen Pflanzen stets wieder Weibchen sind, weil die ♀ Individuen homogametisch sind. Andererseits ist anzunehmen, daß die ♂ heterogametisch sind und sich infolgedessen nur durch Kreuzung mit den ♀ Pflanzen vermehren.

Es dürfte interessant sein zu vergleichen, ob die oben angegebenen Schemen auch für andere Fälle eine befriedigende Erklärung geben.

Wenn wir das Verhalten der ♀ Stöcke von *Melandrium album* nach der Infektion mit *Ustilago violacea* erwägen, so können wir uns gut vorstellen, daß hier nach der Schwächung der ♀ Anlagen durch den Pilz die in der Minderheit vorhandenen ♂ Anlagen nunmehr Antheren entwickeln. Wenn diese Antheren fruchtbar wären, so könnten sie nach meiner Auffassung nur Weibchen erzeugen, ihre Entwicklung bedeutet also einen Parallelfall zu der Entwicklung der reduzierten ♂ Blüten von *Urtica* und *Mercurialis* auf ♀ Stöcken und vor allem auch unserer *Plantago*-Arten mit geschlossenen Blüten. Der Unterschied ist nur der, daß die genannten ♀ Blüten von *Urtica* und *Mercurialis* sich von monözischen Pflanzen ableiten, während die ♀ *Melandrium*- und *Plantago*-Blüten sich von hermaphroditen Pflanzen direkt ableiten. Es handelt sich also bei *Melandrium* nicht um eine Umänderung des Geschlechtes durch *Ustilago*, sondern um korrelatives Wachstum der morphologisch männlichen aber zytologisch ♀ homogametischen Geschlechtsanlagen. Nachdem nunmehr von zwei verschiedenen Autoren (BLACKBURN 1923 und WINGE 1923) Geschlechtschromosomen bei *Melandrium album* festgestellt sind, kann ich mich bei diesen Darlegungen auf positive zytologische Befunde stützen.

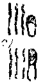
Besonders wichtig dürfte es sein, die Änderung der Geschlechtsverhältnisse bei Kreuzung hermaphroditer Arten mit diözischen an Hand unseres Schemas zu betrachten.

CORRENS bestäubte ♀ Pflanzen der *Bryonia dioica* mit Pollen der monözischen *Bryonia alba* und erzielte 100 % ♀ Nachkommen, doch waren viele von diesen Weibchen nicht ganz rein weiblich, sondern sie bildeten zunächst einige nicht taugliche ♂ Blütenstände aus, ehe sie die sehr zahlreichen ♀ Blütenstände entwickelten. CORRENS sagt dann: „Es ist bei ihnen also auch die Einhäusigkeit der *Bryonia alba* wenigstens angedeutet. Da sie aber physiologisch rein ♀ sind, sollen sie auch fernerhin einfach Weibchen heißen. Das Verhalten ist deshalb von Interesse, weil aus ihm doch wohl hervorgeht, daß die Keimzellen der *Br. alba* nicht einfach „männliche“ oder „weibliche“ Tendenz haben, sondern einhäusige.“

Stellen wir für diesen Fall unser Schema zusammen, so finden wir:

Bryonia dioica ♀ (d) + *Bryonia alba* ♂ (♂ dominierend)

Bei der Kreuzung finden wir dann folgende Kombination

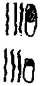
(e) 

Es ist also hier die ♀ Tendenz in der Mehrzahl, aber es finden sich auch verhältnismäßig viel von den ♂ Faktoren vor, jedenfalls bedeutend mehr als bei *Br. dioica* ♀. Hieraus dürfte die häufige Entwicklung morphologisch ♂ Blüten zu erklären sein. Bemerkenswert ist nach diesem Schema, daß der Bastard heterozygot im ♀ Geschlecht sein müßte.

Als CORRENS die Weibchen von *Br. alba* mit den Pollen von *Br. dioica* bestäubte, erhielt er 50 % ♂ und 50 % ♀ Nachkommen. Nach unserm Schema also:

Bryonia alba ♀ (f) (♀ dominierend) + *Bryonia dioica* ♂

bei der Kreuzung also

Bastarde 50 % ♂ (g) und 50 % ♀ 

Es sind also hier zweifellos sowohl die ♂ wie die ♀ Bastarde Heterozygoten.

Da sich die angegebenen Schemata mit den experimentellen Befunden vollständig decken, können wir sie benutzen, um hierauf weitere Probleme aufzubauen.

Was die Geschlechtsverhältnisse bei *Plantago* Sectio *Novorbis* betrifft, so werden wir die geschlossenen Blüten einschließlich der morphologisch ♂ Sexualzellen als homogametisch ♀ bezeichnen müssen. Die offenen ♂ Blüten dieser *Plantago*-Arten sind dagegen mit größter Wahrscheinlichkeit heterogametisch.

Bisher haben wir stets den Chromosomensatz der diploiden Pflanzen betrachtet. Wenden wir uns nun z. B. zu den Characeen, so ist hier der Thallus haploid und bildet ♂ und ♀ Sexualzellen, die durch Dominieren des ♂ oder ♀ Geschlechtes an den Vegetationspunkten der Antheridien bzw. der Oogonien zur Entwicklung gelangen. Wir haben hier also den Typus der Monözie oder auch der hermaphroditen Blüte im Haploidsatz.

Unsere *Plantago*-Arten aus der Sect. *Novorbis* sind aber noch aus einem weiteren Grunde interessant, und dieser hat mich überhaupt veranlaßt, auf das Problem der Geschlechtsverteilung ausführlich einzugehen. Die genannten *Plantago*-Arten zeigen nämlich in den geschlossenen Blüten Kleistogamie, während das Vorkommen von ♂ Stöcken mit offenen Blüten unzweifelhaft auf Fremdbestäubung zurückzuführen ist.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist nun, daß die kleistogamen Individuen stets wieder nur kleistogame Individuen durch die Kleistogamie hervorbringen, daß also die Art der Ernährung auf das Auftreten der Kleistogamie in unseren Fällen ohne Einfluß ist.

PILGER (1913) berichtet hierüber: „Von den Arten wurden je 20—30 Exemplare (von den beiden alten Arten *P. hirtella* [*Schiedeana*] und *P. pachyneura* noch mehr) in humusreiche Gartenerde ausgepflanzt, wo sie sich sehr üppig entwickelten; bei einem Exemplar von *P. hirtella* zählte ich im Herbst 45 blühende und verblühte Infloreszenzen; *P. virginica* war in der hochwüchsigen Form kaum wieder zu erkennen. Von der Üppigkeit des Wuchses zeugte auch die eintretende Verzweigung der Exemplare.

Trotz dieser außerordentlich günstigen Bedingungen, die eine üppige vegetative Entwicklung zeitigten, blieben die Blüten geschlossen. Bei *Plantago virginica*, *P. taraxacoides*, *P. pachyneura*

blühten alle Ähren an allen Exemplaren nur geschlossen mit eingeschlossenem Griffel."

Nach GOEBEL (1904) ist die Kleistogamie bedingt durch unzureichende Ernährungsverhältnisse und Korrelation mit den vegetativen Organen. Die unzureichenden Ernährungsverhältnisse können seiner Meinung nach veranlaßt sein einerseits durch ungenügende Zufuhr von Aschenbestandteilen, andererseits durch mangelhaften Lichtzutritt usw.; diese Abhängigkeit ist auch da vorhanden, wo die Kleistogamie scheinbar stets im Entwicklungsgange der Pflanze zu bestimmter Zeit auftritt.

Eine Bestätigung der Ansichten von GOEBEL gibt H. RITZEROW (1907). Für unseren Fall von Wichtigkeit ist ihre Angabe, daß bei *Ammania latifolia* und *Salvia cleistogama* keine chasmogamen Blüten erzielt werden konnten. RITZEROW nimmt daher an, daß die Kleistogamie bei diesen Arten vielleicht erblich fixiert sei.

Wenn wir nun unsere kleistogamen *Plantago*-Arten näher untersuchen, so finden wir hier ebenfalls Hemmungsbildungen, z. B. das Auftreten von nur zwei Pollensäcken. Von ausschlaggebender Wichtigkeit ist aber, daß die Kleistogamie erblich fixiert ist, und zwar bei dem homozygoten ♀ Geschlecht. Wir haben hier also den Fall einer geschlechtsbegrenzten Vererbung der Kleistogamie.

Mag in den meisten bekannt gewordenen Fällen eine Abhängigkeit der Kleistogamie von Ernährungsbedingungen von Bedeutung sein, so zeigt das Verhalten unserer *Plantago*-Arten unzweifelhaft, daß die Kleistogamie in bestimmten Fällen erblich fixiert ist; in wieweit eine solche erbliche Fixierung auch bei den anderen kleistogamen Pflanzen vorhanden ist, bei denen die Ernährungsbedingungen dann nur als auslösende Faktoren anzusehen wären, läßt sich z. Zt. noch nicht entscheiden.

Von besonderer Wichtigkeit ist ferner, daß hier zum zweiten Male im Pflanzenreich eine an das Geschlecht und dementsprechend an das Geschlechtschromosom gekoppelte Vererbung nachgewiesen wurde.

Als erstes Beispiel einer geschlechtsbegrenzten Vererbung im Pflanzenreich führt BAUR (1912) die Schmalblättrigkeit bei einer ♂ Pflanze von *Melandrium album* an. Diese schmalblättrige Sämlingsmutante gab mit normalen *Mel.* ♀ in der F_1-Gen. nur normalblättrige Exemplare, welche in der F_2-Gen. im Verhältnis 1 : 3 schmalblättrig zu normalblättrig aufspalteten; sämtliche schmalblättrige Pflanzen waren ♂, die normalblättrigen bestanden aus ♂ und ♀.

Wir haben also bei unsern *Plantago*-Arten aus der Sect. *Novorbis* gesehen, daß der Vererbungsfaktor der Kleistogamie an das weibliche Geschlechtschromosom gekoppelt ist. Allerdings ist auch bei der heterozygoten männlichen Pflanze der weibliche Haploidsatz vorhanden, doch dominiert bei diesen Stöcken ♂ über ♀ und damit auch Chasmogamie über Kleistogamie.

Wir wissen nun andererseits, daß CORRENS (1907, 1908) festgestellt hat, daß bei *Satureja hortensis* die Blüten von rein ♀ Stöcken, mit Pollen zwittriger Blüten bestäubt, stets nur weibliche Nachkommen erzeugen. Analoge Verhältnisse fand CORRENS bei *Silene inflata, S. dichotoma* u. a. Die Pflanzen von *Satureja hortensis*, die ♀ und ☿ Blüten tragen, sind nun durch Außeneinflüsse in ihrem Geschlecht sehr weitgehend modifizierbar, sie können durch schlechte Ernährung im weitesten Sinne des Wortes veranlaßt werden, nur ♀ Blüten zu produzieren, während umgekehrt allerdings durch besonders günstige Ernährungsverhältnisse die Bildung von weiblichen Blüten nicht ganz unterdrückt werden konnte, aber das nur, weil es in praxi nicht möglich war, alle Blütenknospen in „besonders günstige" Ernährungsverhältnisse zu bringen.

Vielleicht haben wir hier einen Schlüssel zu dem Verhalten der kleistogamen Arten überhaupt. Die Anlage zur Kleistogamie ist bei ihnen ohne Zweifel erblich, die Auslösung der Kleistogamie wird wahrscheinlich durch schlechte Ernährung bedingt, wie GOEBEL ausführlich dargetan hat.

Wenn nun diese Anlage zur Kleistogamie stets mit dem ♀ Geschlechtschromosom als rezessiver Faktor gekoppelt ist und die Dominanz dieses ♀ Chromosoms über das ♂ bei zwittrigen Pflanzen durch schlechte Ernährung gefördert wird, so kann man das Auftreten der Kleistogamie dadurch erklären, daß der an das ♀ Geschlechtschromosom gekoppelte Faktor ebenfalls an der Dominanz teilnimmt und auf diese Weise die latente Kleistogamie in Erscheinung tritt.

Nach dieser Theorie erscheint es auch verständlich, weshalb bei der Kleistogamie regelmäßig Hemmungsbildungen des Andrözeums auftreten, denn dies ist ein Ausdruck dafür, daß die Dominanz der ♀ Faktoren aufrechterhalten wird.

Vielleicht bietet die einseitige Kastration auch die Möglichkeit, die durch schlechte Ernährungsbedingungen zur ♀ Dominanz und daher auch zur Kleistogamie gebrachten Blüten in den rein ♂ Zustand zurückzuversetzen und dadurch eine nachträgliche Öffnung

der Blüte hervorzurufen. Versuche nach dieser Richtung möchte ich mir vorbehalten.

Nachdem also die geschlechtsbegrenzte Vererbung der Kleistogamie für *Plantago* Sect. *Novorbis* nachgewiesen ist, liegt ein hoher Grad von Wahrscheinlichkeit vor, daß die Anlage zur Kleistogamie auch bei zwittrigen Pflanzen an das ♀ Geschlechtschromosom gebunden ist.

Jedenfalls stellt diese Annahme für alle kleistogamen Pflanzen eine erfolgversprechende Arbeitshypothese dar.

Literatur.

1912. BAUR, E., Ein Fall von geschlechtsbegrenzter Vererbung bei *Melandrium album*. Zeitschr. f. ind. Abst.- u. Vererbungslehre. Bd. 8.

1923. BLACKBURN, K. B., Sex chromosomes in plants. Nature.

1907. CORRENS, C., Zur Kenntnis der Geschlechtsformen polygamer Blütenpflanzen und ihrer Beeinflußbarkeit. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 44.

1908. CORRENS, C., Weitere Untersuchungen über die Geschlechtsformen polygamer Blütenpflanzen und ihre Beeinflußbarkeit. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 45

1904. GOEBEL, K., Die kleistogamen Blüten und die Anpassungstheorien. Biol. Centralbl Bd. 24.

1880. LUDWIG, F, Kleistogamie von *Plantago virginica*. Bot. Centralblatt.

1913. PILGER, R, Biologie und Systematik von *Plantago* Sect. *Novorbis*. ENGLERs Jahrbücher f. system. Bot.

1907. RITZEROW, H., Über Bau und Befruchtung kleistogamer Blüten. Flora, Bd. 98

1917. RÖSSLER, W., Pollenschläuche und Embryosack-Haustorien von *Plantago major* L. Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. 35.

1923. WINGE, On sex chromosomes, sex determination and preponderance of females in some dioecious plants. C. R. Fr. Lab. Carlsberg. Bd. 15.

50. Otto Schüepp: Konstruktionen zur Blattstellungstheorie. II.[1])

(Mit 3 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 25. Juli 1924. Vorgetragen in der Oktobersitzung.)

Die allgemeine Aufgabe bei der Konstruktion von Blattstellungsschemata lautet: „Es ist eine Reihe ähnlicher Figuren zu bilden, derart, daß immer zwei aufeinanderfolgende Figuren in derselben Lagebeziehung zueinander stehen.“ Wir stellen uns damit auf den Boden der „Anschlußtheorien“[2]); es handelt sich für uns darum zu erkennen, nach welchen Regeln die neu entstehenden jüngsten Anlagen sich dem System der schon vorhandenen älteren Anlagen anschließen. Weil aber weder die mechanischen Theorien, welche von den direkt feststellbaren Raumverhältnissen ausgehen, noch die ernährungsphysiologischen Theorien eine Erklärung ermöglicht haben, die auf alle Typen der Blattstellung und nicht nur auf die zusammengesetzte Spiralstellung anwendbar ist, so muß eine andere Grundlage gesucht werden. Die Symmetrie der Einzelorgane muß mit berücksichtigt werden. Auch beim Anschluß der Teile aneinander ist neben Abstand und Raumbedarf die Symmetrie der entstehenden Organgruppen zu beachten.

In einer vorhergehenden Mitteilung (1923) wurde gezeigt, wie sich aus einer Aneinanderreihung gleichsinnig ähnlicher Teilfiguren die einfache Spiralstellung und aus der Aneinanderreihung ungleichsinnig ähnlicher Teilfiguren die zweizeilig dorsiventrale Stellung ergibt. Gehen wir aber von symmetrischen Teilfiguren aus, so erhalten wir als Verbindungsglied der genannten Stellungsgesetze die zweizeilig symmetrische Blattstellung.

1. Knospenquerschnitt bei zweizeilig symmetrischer Blattstellung.

Als einfache symmetrische Figur legen wir der Konstruktion ein Deltoid zugrunde (A B C D in Figur 1a). Wir zeichnen in sein Inneres ein ähnliches, auf die Hälfte verkleinertes Deltoid A_1 B_1

1) Vergleiche: SCHÜEPP, Zur Theorie d. Blattst., diese Berichte XXXIX, 1921, Seite 249—257 und

SCHÜEPP, Konstruktionen zur Blattstellungstheorie, diese Berichte XLI, 1923, Seite 255—262.

2) WEISSE, diese Berichte XLII, 1924, Seite 74.

C_1 D_1 so, daß beide Figuren die Symmetrieachse gemeinsam haben. Wir beginnen also die Figurenreihe *mit zwei Figuren, die für sich* symmetrisch geformt sind, und die auch zusammen eine symmetrische Gruppe bilden. (Würden wir dieser Forderung in anderer Weise Genüge leisten, z. B. so, daß die verkleinerte Figur zweimal zu beiden Seiten der Symmetrieachse erscheint, so entstünden *symmetrische Quirlstellungen.*)

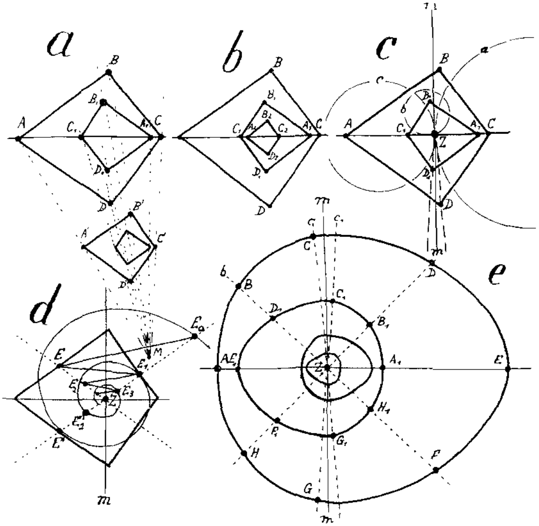


Abb. 1

Wir erkennen schon jetzt, daß der Stellungsanfang sowohl die Gesetzmäßigkeiten der einfachen Spiralstellung als auch diejenigen der zweizeilig dorsiventralen Stellung erwarten läßt. Nach der gewählten Bezeichnung sind die Figuren A B C D und A_1 B_1 C_1 D_1 ungleichsinnig ähnlich; es handelt sich demnach um zweizeilig dorsiventrale Stellung. Vertauscht man aber die Bezeichnung der beiden symmetrischen, also gleichwertigen Punkte B_1 und D_1, so sind die Figuren als gleichsinnig ähnlich zu betrachten, und es liegt somit ein Anfang zu einer einfachen Spiralstellung vor.

Um volle Klarheit zu erzielen, wollen wir aber den neuen Fall nach den früheren Methoden selbständig behandeln. Wie früher (1923, Fig. 1b, 2b) verkleinern wir die beiden ersten Figuren der Reihe gemeinsam auf die Hälfte, indem wir die Strahlen nach dem beliebig gewählten Punkte M halbieren (Fig. 1a unten). Die Figur A B C D geht über in A′ B′ C′ D′ und wird kongruent zu A_1 B_1 C_1 D_1. Nach einer Umklappung oder einer Drehung um 180° können wir A′ B′ C′ D′ mit A_1 B_1 C_1 D_1 zur Deckung bringen. Damit erhalten wir in Figur 1b zu den gegebenen zwei Teilfiguren der Reihe *eine dritte*. Nach demselben Verfahren *könnten* alle weiteren Figuren der Reihe gefunden werden.

Eine andere Konstruktion führt rascher zum Ziel und liefert *zugleich auch einen guten Überblick* über das Stellungsgesetz. Aus den ersten zwei Teilfiguren (Fig. 1c) bestimmen wir direkt das Zentrum der ganzen Figureureihe. Es liegt im Schnittpunkt der Apollonischen Kreise a, b und c, welche jeweils alle Punkte umfassen, deren Abstände von AA_1, BB_1 oder CC_1 sich verhalten wie 2 : 1. Das Zentrum liegt notwendigerweise auch in der Symmetrieachse. Durch Halbieren des Winkels DZD_1 (oder BZB_1) erhalten wir wie früher die Mittellinie m (1923, Fig. 2d).

Es gibt nun zwei Wege, um von einem beliebigen Punkt E_0 eines Deltoids zu entsprechenden Punkten der folgenden Deltoide zu gelangen (Fig. 1d). Entweder dreht man den Strahl ZE_0 um den Divergenzwinkel 180° nach ZE′ und verkürzt ihn zugleich um die Hälfte. So bilden wir die Reihe E_0, E′, E_1, E_2', E_3 . . ., die wir durch eine logarithmische Spirale verbinden können. Oder aber, man sucht zu ZE_0 einen in bezug auf die Mittellinie m symmetrischen Strahl ZE und verkürzt diesen ebenfalls auf die Hälfte. So bilden wir die Reihe E_0, E, E_1, E_2, E_3 . . ., die wir durch eine Zickzacklinie verbinden können. Die Punkte E_0 E_1 E_3 gehören beiden Reihen an; die Punkte E′ und E, E_2' und E_2 . . . bilden in bezug auf die Symmetrieachse symmetrische Paare. Wir erkennen somit noch einmal, daß die beiden unsymmetrischen Blattstellungsgesetze sich in dem einen symmetrischen Stellungsgesetz durchdringen.

Figur 1e soll endlich die praktische Durchführung einer Konstruktion erläutern. Wir wählen willkürlich Symmetrieachse und Zentrum, zeichnen durch das Zentrum senkrecht zur Achse die Mittellinie m, sodann zwei Paare von „Orthostichen", die zur Mittellinie symmetrisch angeordnet sind. Auf der Achse und den Orthostichen setzen wir die Punkte A B C D E der Ausgangsfigur fest, zu den Punkten B C und D suchen wir die symmetrischen

Punkte H G und F, indem wir ZH = ZB, ZG = ZC und ZF = ZD machen.

Jetzt ist es leicht, Punkte der zweiten und folgenden Figuren zu finden. Von der Orthostiche ZB gehen wir zur symmetrisch gelegenen Orthostiche ZB_1 und machen ZB_1 gleich $\frac{1}{2}$ ZB. Wir kehren auf die ursprüngliche Orthostiche zurück und machen ZB_2 gleich $\frac{1}{2}$ ZB_1 usw.

Die Schemata, die so entstehen, erfüllen die Forderung der Symmetrie der Einzelfiguren und der ganzen Figurenreihe; im übrigen können ganz beliebige Umrisse zugrunde gelegt werden.

2. Der Längsschnitt durch die Symmetrieebene bei zweizeilig symmetrischer Blattstellung.

Das Bestehen einer Symmetrieachse im Querschnitt und einer Symmetrieebene im körperlichen Aufbau macht es leicht, in diesem Falle auch den Gesetzmäßigkeiten im Längsschnitt nachzuforschen. Der mediane Längsschnitt muß sich im Schema aus einer Reihe ungleichsinnig ähnlicher Teilfiguren aufbauen. Die Konstruktion erfolgt also nach den Regeln, die früher (1923, S. 258, Fig. 2) für den Knospenquerschnitt bei zweizeilig dorsiventraler Stellung abgeleitet wurden. Ein kleiner Unterschied liegt nur darin, daß die Teilfiguren diesmal nebeneinander liegen statt ineinander, und daß dementsprechend auch das Zentrum außerhalb der Figurenreihe an ihrem Ende liegt.

Als geometrische Konstruktionsmittel setzen wir (Fig. 2a) Zentrum, Mittellinie m und einige Paare von Orthostichen fest, die sich symmetrisch zur Mittellinie gruppieren. Das Größenverhältnis zweier aufeinanderfolgender Teilfiguren sei diesmal 3 : 2. Vom Punkte B_6 (Blattspitze) gelangen wir zum entsprechenden Punkte B_5, indem wir von ZB_6 auf die symmetrisch gelegene Orthostiche ZB_5 übergehen und den Abstand ZB_6 auf $^2/_3$ verkürzen. Wir kehren auf die Orthostiche ZB_6 zurück und finden dort ZB_4, indem wir die Strecke ZB_5 auf $^2/_3$ verkürzen usw. Entsprechend finden wir, in einer Zickzacklinie angeordnet, die Reihe der Punkte A_8, A_7, A_6 . . . (Blattachseln). Die Strecken C_6A_7, C_5A_6, C_4A_5 usw. kann man als Grenzen der aufeinanderfolgenden Sproßglieder deuten. Ferner sind die medianen Blattspuren und die Grenzen des Stengelmarks in der Figur angedeutet. Besonderes Interesse verdient der Verlauf der Achse. Die organische Achse, die Mittellinie des Stengelmarks, zeigt innerhalb der Symmetrieebene einen schlangenförmigen bis zickzackförmigen Lauf und

weicht abwechselnd nach links und rechts von der geradlinigen *geometrischen Konstruktionsachse m* ab. Damit ist ein bei zweizeilig symmetrischer Blattstellung oft sehr charakteristisches Verhalten richtig wiedergegeben[1]). Ein schönes Beispiel dafür ist unter anderen die Spindel der Ährengräser. (Für die einfache Spiralstellung ergibt sich aus gleichartigen Erwägungen ein schneckenförmiger oder wendeltreppenartiger Verlauf der Achse.

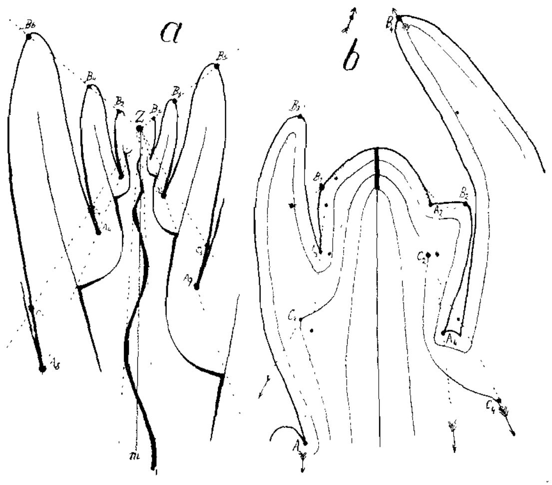


Abb. 2.

für die zweizeilig dorsiventrale Stellung ein Zickzackverlauf kombiniert mit einer hakenförmigen Krümmung [1921, Fig. 1, 2].)

Die Konstruktion von Fig. 2a können wir uns bei ständiger Verkleinerung bis ins Zentrum Z hinein fortgesetzt denken. Beim Wachstum entfernen sich alle Punkte auf der geradlinigen Bahn der Orthostichen von dem ruhend gedachten Zentrum. Die Punkte B, die Blattspitzen, passieren dabei in Zeitabständen von je zwei Plastochron die Stellen B_2, B_4, B_6, B_8 oder B_1, B_3, B_5 und B_7.

1) Vgl. SCHÜEPP, Jahrb. f. wiss. Bot., 1916, S. 32.

Diese Vorstellung des Herausfließens aller Teile aus dem Zentrum gibt uns ein gutes Mittel, das Schema mit der Wirklichkeit zu vergleichen (Fig. 2a und 2b)[1]. Das organische Zentrum ist *in Wirklichkeit nicht ein Punkt, sondern eine kurze Längslinie* (kräftig ausgezogen in Fig. 2b). Die „Verschiebungskurven" (punktiert) sind keine geraden Linien, sondern Kurven, die anfangs periklin, parallel zur Oberfläche des Vegetationskegels, verlaufen. Dabei decken sich nahe am Scheitel die Verschiebungskurven für *Blattspitzenpunkte und Blattachselpunkte und divergieren erst* in der unteren Hälfte des Vegetationskegels, wo die Blattanlagen als Vorwölbungen sichtbar werden.

Der starke Formwechsel, der gerade die ersten Jugendstadien der Sproßglieder auszeichnet, hält sich aber doch streng im Rahmen des *Symmetriegesetzes*, das wir als charakteristisch für die zweizeilig symmetrische Blattstellung zugrunde gelegt haben. Auch in Fig. 2b, die sich möglichst eng an Längsschnittsbilder von *Lathyrus latifolius* anlehnt, ordnen sich die Verschiebungskurven paarweise symmetrisch zur Konstruktionsachse. Die Punkte, die auf denselben vom Zentrum wegwandern, z. B. die Blattspitzen B, passieren in regelmäßigen Zwischenräumen von zwei Plastochron die Punkte B_1, B_3, B_5 auf der einen Seite der Mittellinie und ein Plastochron später B_2, B_4, B_6 auf der anderen Seite der Mittellinie.

Die jüngsten Sproßglieder, die eben erst aus dem Vegetationskegel gebildet werden, zeigen noch keine sehr ausgeprägte äußere Form; doch ist in denselben nach unseren Voraussetzungen die innere Symmetrie bereits festgelegt, und sie schließen sich entsprechend derselben in gesetzmäßiger Folge aneinander an. Die innere Symmetrie bedingt aber auch die Symmetrie des Wachstums und prägt sich darum im Lauf der Entwicklung immer deutlicher in der äußeren Form der Sproßglieder aus. Wir begehen darum keinen Fehler, wenn wir die erst nachträglich deutlich werdende Form den Konstruktionen zugrunde legen.

3. Konstruktion eines räumlichen Schemas für die zweizeilig symmetrische Blattstellung.

Nach den Prinzipien, die wir den Quer- und Längsschnittskonstruktionen zugrunde gelegt haben, läßt sich auch ein vollständiges körperliches Schema aufbauen. Ein solches zeigt Fig. 3 im Grundriß und Aufriß. Um das Verfahren möglichst zu ver-

---

1) Vergleiche meine Darstellung in LINSBAUERS Handbuch der Pflanzenanatomie, „Meristeme".

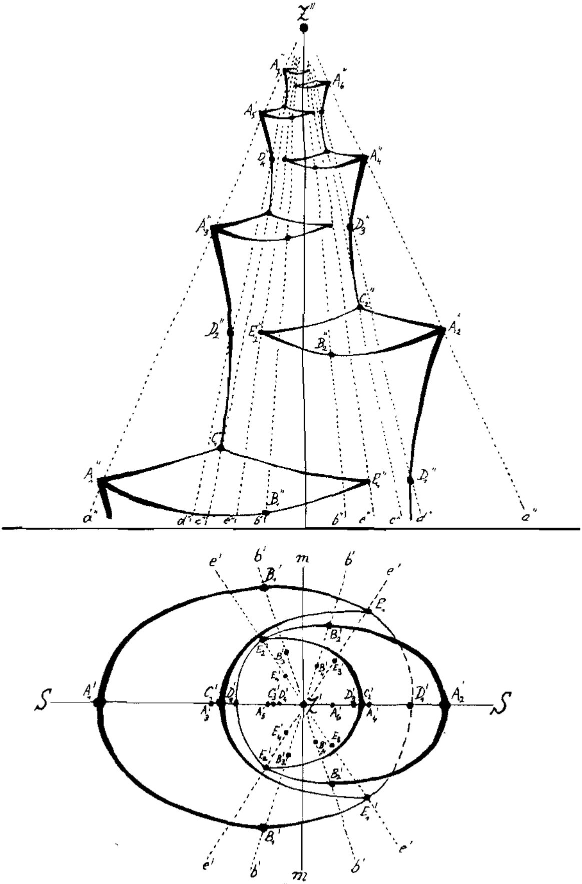


Abb. 3

einfachen, stellen wir die Konstruktionsachse senkrecht auf die Grundrißebene und die Symmetrieebene SS parallel zur Aufrißebene.

Punkte der Symmetrieebene, die einander in den aufeinanderfolgenden Gliedern der Reihe entsprechen, verteilen sich im Aufriß auf zwei symmetrisch angeordnete Orthostichen a″a″. Sie liegen abwechselnd auf denselben, und ihre Abstände vom Zentrum vermindern sich schrittweise im Verhältnis 3 : 2 (A_1'', A_2'', A_3'', A_4'' . . .). Ebenso verhalten sich die Punkte C und D. Im Grundriß fallen die Orthostichen a, c und d in die Symmetrieachse SS zusammen. Entsprechende Punkte außerhalb der Symmetrieebene (B und E) verteilen sich auf je 4 Orthostichen, die sowohl in bezug auf die Symmetrieebene SS als auch in bezug auf die dazu senkrechte Mittelebene mm symmetrisch angeordnet sind. *Im Grundriß sind* alle 4 Orthostichen sichtbar (e′ und b′); im Aufriß decken sich je zwei auf derselben Seite der Mittelebene gelegene Orthostichen (e″, b″). Eine Punkteschar im Grundriß zeigt genau die Anordnung, die wir im Querschnittsbild fanden (vgl. Fig. 1e); im Aufriß decken sich je zwei symmetrisch gelegene Punkte und wir finden dieselbe Anordnung wie im Längsschnittsbild (vgl. Fig. 2a). Beim Ausführen des Bildes sind im Grundriß der Übersichtlichkeit wegen nur die beiden untersten Etagen ausgezeichnet.

Wir gewinnen so das Bild einer Reihe von Teilkörpern, die unter sich ähnlich sind, die symmetrisch gebaut sind und mit den Nachbarn jeweils eine symmetrische Gruppe bilden. Es wäre möglich — nach dem Gedankengang der oben für die Querschnittskonstruktionen durchgeführt wurde —, auch für körperliche Gebilde aus den Voraussetzungen der Ähnlichkeit, der regelmäßigen Fortsetzung des Stellungsverhältnisses und der Symmetrie, die soeben geschilderten räumlichen Lagebeziehungen abzuleiten; man würde finden, daß die genannten Voraussetzungen immer zur zweizeilig symmetrischen Stellung oder zu symmetrischen Quirlstellungen führen. Abgesehen von der Forderung der Symmetrie wird keine bestimmte Voraussetzung über die Form der Teilkörper gemacht.

Zur Konstruktion von Spezialfällen der zweizeilig symmetrischen Blattstellung gelangte auch VAN ITERSON[1]), als er das Problem verfolgte, wie sich berührende Kreise auf Kegelflächen zu regelmäßigen Systemen sich anordnen können. Die zweizeilig symmetrische Blattstellung muß nach ihm auftreten als

1) VAN ITERSON 1907, S. 204.

Folge bestimmter Größenverhältnisse zwischen Durchmesser der Sproßachse und Größe der Blattanlagen.

Bei VAN ITERSON werden ganz spezielle Voraussetzungen gemacht über die Form der jungen Achse und der Blattanlagen, während auf die Symmetriegesetze nicht besonders geachtet werden muß. Es ist aber klar, daß damit die Mannigfaltigkeit der Formen zu sehr außer acht gelassen wird. Bei meinen Konstruktionen ist die Form der Anlagen ganz beliebig; es müssen nur bestimmte Voraussetzungen über die Symmetrie derselben erfüllt werden; auf die Symmetrieverhältnisse muß dann aber allerdings mit größter Strenge geachtet werden. Ich glaube, daß auf diesem Wege allein ein umfassendes System der Blattstellungen gewonnen werden kann.

51. Anton Mühldorf: Zur Anatomie der unterirdischen Organe bei den Laubmoosen.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 22. August 1924. Vorgetragen in der Oktobersitzung.)

I. Das „Rhizom" bei *Polytrichum commune*.

F. HY (1880) war der erste, welcher auf die Strukturverschiedenheit zwischen den unterirdischen und oberirdischen Achsenteilen der Polytrichaceae aufmerksam gemacht hat. G. HABERLANDT (1886) untersuchte die Anatomie des Steugels der Polytrichaceae sehr genau und schloß seine diesbezüglichen Aufzeichnungen mit dem Bemerken, daß man „die unterirdischen Stengelteile der Polytrichaceae .... vom anatomischen Standpunkte aus als Rhizome" bezeichnen muß. E. BASTIT (1889) benennt die subterranen Achsenteile „le rhizom" und stellt ihnen den Rest des Stengels als „la tige" entgegen. Seit diesen Autoren sind die unterirdischen Triebe der Polytrichaceae oft und genauest beschrieben und abgebildet worden und, ohne daß man auf ihren morphologischen Wert eingegangen wäre, sind sie stets Rhizome genannt worden, welche Bezeichnung sodann auf die unterirdischen Sprosse auch anderer höherer Laubmoose übergegangen ist (z. B. *Climacium*, *Mnium*, *Bryum*, *Fontinalis* etc.). Der Meinung der obengenannten Autoren und mancher anderer neuerer Forscher steht die Auffassung R. WETTSTEINs entgegen.

welcher in seinem „Handbuch der systematischen Botanik" (1911) sagt: „nicht selten zeigt sich Differenzierung in rhizomartige und in aufrecht stehende Sprosse, Vorkommen von stolonenartigen Sprossen und dergl.": WETTSTEIN spricht also nur von rhizomartigen Sprossen, nicht von Rhizomen. Auch D. H. CAMPBELL (1918) redet von „underground stems or stolons", die er bei *Climacium* abbildet. — Ich will in den nachfolgenden Zeilen nicht die Frage der morphologischen Wertung der erwähnten unterirdischen Achsenteile bei den höheren Laubmoosen erörtern, sondern nur auf anatomische Eigenheiten dieser Organe aufmerksam machen, welche den Forschern bis heute entgangen sind. Wenn ich die obige Frage hier berührte, so geschah dies deshalb, um anzudeuten, warum ich diese Organe nicht Rhizome nennen werde, sondern mich ande er Bezeichnungen bedienen werde.

Die unterirdischen Stengelteile von *Polytrichum commune* ändern ihre Struktur entsprechend ihrem Standorte mehr oder weniger. Die beiden extremsten Fälle von Strukturveränderung stellen wir bei Exemplaren fest, die im stets nassen Torfmull der Hochmoore gewachsen sind, und bei denen aus Lehmböden und trockenem Waldtorfe. Nun zeigen aber nur Individuen aus dem Moor im unterirdischen Achsenteile den von den Forschern gezeichneten und beschriebenen Bau (vgl. H. WAENKER v. DANKENSCHWEIL, Beiträge etc. 1916). Ihr Querschnitt ist rundlich und es lassen sich 3 Hauptteile unterscheiden: 1. Die Rinde mit etwas verdickten Epidermiszellen; darunter folgen 2—3 Lagen dünnwandiger Zellen, welche in eine Lage großlumiger und stets dünnwandiger Zellen übergehen (Endodermis). 2. Die Hypodermalstränge, denen im dreilappigen Zentralzylinder die Radialstränge gegenüberstehen. Die Hypodermalstränge bestehen aus prosenchymatischen Zellen und geben dem Stengel den notwendigen mechanischen Halt gegen Zug und Biegung. 3. Der dreilappige Zentralzylinder, der aus stark verdickten, braunen, kleinlumigen Zellen besteht, zwischen denen die großlumigen Hydroiden mit ihren besonders dünnen Querwänden hervorstechen. — Nach oben zu geht der unterirdische Sproß in den grünbeblätterten über, wobei sich sein Bau allmählich in den des Stengels umwandelt.

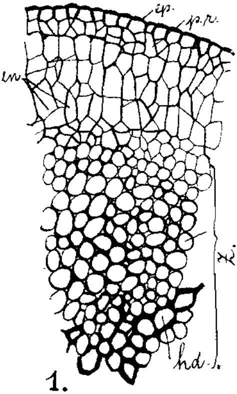
Wollen wir nun fragen, wie bei *Polytrichum commune* dieser oben beschriebene unterirdische Stengelteil entsteht, so ist es klar, daß sein direkter Anschluß an den grünbeblätterten Teil seine Entstehung aus dem letzteren außer Frage stellt. Das Stämmchen von *Polytrichum commune* wächst bei den günstigen Lebens-

bedingungen im Moore unausgesetzt weiter, drückt die älteren Partien herab, überwächst sie und zwingt sie, sich den neuen Lebensbedingungen und der neuen Funktion als Wasserheber anzupassen.

Einen wesentlich anderen Bau zeigen die unterirdischen Sprosse von *Polytrichum commune*, wenn sie im Lehmboden oder Waldtorf gewachsen sind. Der grünbelaubte Stengel wird infolge der etwas knappen Feuchtigkeit nicht so hoch wie bei den Exemplaren im Hochmoor; wenn er allzu stark in die Höhe schießt, muß er sich bald dem Erdboden anlegen, wird von anderen überwachsen, von Staub, Laub etc. überdeckt und bildet auf diese Weise in seinen unteren Partien im Erdboden ein unentwirrbares Geflecht von Sprossen, welche sämtlich nach oben zu mit einem grünen Stämmchen endigen. Der im Erdboden steckende Teil ist in einen dichten Mantel engverfilzter Rhizoiden eingehüllt, der stark mit eingeschlossenen Sandkörnchen durchsetzt ist, so daß man nur schwer tadellose Querschnitte anfertigen kann. Die Sandkörner lassen sich nicht auswaschen, der Rhizoidenmantel läßt sich nicht abstreifen, ohne die Rinde zu verletzen, und wir sind daher gezwungen, so viele Schnitte herzustellen, bis uns das Rasiermesser einen günstigen liefert. Solche Schnitte zeigen uns, daß hier das unterirdische Stämmchen entsprechend seiner vereinfachten physiologischen Aufgabe einen einfacheren Bau zeigt als das aus dem Hochmoore.

Der Querschnitt ist rundlich und läßt nur 2 Hauptteile erkennen: 1. Eine Rinde mit braunen bis schwarzen Epidermiszellen. Die Epidermis weist im Vergleiche zu den darunter befindlichen Rindenzellen dickwandige Elemente auf. Die Zellen der parenchymatischen Rinde sind kleiner als die aus der Rinde von Hochmoorindividuen, was sich übrigens von allen Zellen des Querschnittes bemerken läßt. Die Epidermiszellen sind plasmahaltig. Infolge der fehlenden Hypodermalstränge bilden die Rinde und Endodermis einen geschlossenen Ring; auch die Zellen der Endodermis sind lebend. Auffallend ist, daß die Zahl der Schichten zwischen Epidermis und Zentralzylinder hier zahlreicher ist als bei Exemplaren aus dem Hochmoore. Da wir die Endodermis nur einschichtig annehmen können, so werden wir die restlichen Zellen, wenn sie auch mit denen der Endodermis die gleiche Gestalt und die radiäre Lagerung gemeinsam haben, zur parenchymatischen Rinde zählen. 2. Einen Zentralzylinder aus fast gleichartigen Zellen mit rundlichem Lumen Der Zentralzylinder ist ein einheitliches, biegsames Kabel, dessen Zellwände fast alle gleichmäßig

verdickt sind. Verglichen mit dem Zentralzylinder des *Polytrichum* aus dem Hochmoore zeigt das aus dem Lehmboden keine Einbuchtungen, das „Stereom" (TANSLEY) weist eine bedeutend höhere Zahl von „Stereiden" auf, die auch kleinlumiger sind. Der Zentralzylinder ist nach außen mit der Endodermis durch dünnwandige Zellen verbunden, die sich von den Stereiden durch ihre polyedrische Gestalt unterscheiden und das „Pericykel" TANSLEYs



1.

Abb. 1. *Polytrichum commune*. Querschnitt durch den unterirdischen Sproßteil von einem Exemplar, das im trockenen Waldtorf gewachsen war. Der Rhizoidenmantel wurde ausgelassen Ep. = Epidermis, p. r. = parenchymatische Rinde, en. = Endodermis, Z. = Zentralzylinder, hd. = Hydroiden.

darstellen. Nach Behandlung der Schnitte mit H_2SO_4 konnte ich feststellen, daß diese Zellen im Stereom am längsten der Einwirkung der Schwefelsäure widerstehen. Im Stereom finden wir eingestreut Gruppen von etwas dickwandigeren Zellen, die übrigens auch durch ihren polyedrischen Querschnitt hervortreten, und deren Querwände nur aus Mittellamellen bestehen. Wir haben es hier mit Hydroiden zu tun, wenn sie auch nicht die gleiche Gruppierung, Größe des Lumens und die Dickwandigkeit der Hydroiden aus dem Zentralstrange des *Polytrichum* aus dem Hochmoore haben. Bei einigen Schnitten habe ich sie auch im Zentrum des Zentral-

zylinders gefunden, wo ihre Lagerung sie leichter als typische Hydroiden identifizieren ließ. Sie sind plasmaleer.

Ich habe schon oben angedeutet, wie diese unterirdischen Sprosse aus ursprünglich oberirdischen entstanden sind. Ich will noch hinzufügen, daß sie von großer biologischer Bedeutung sind, da sie es sind, welche in erster Linie den Rasen und die Spezies erhalten. Das *Polytrichum*stämmchen des Laubwaldes ist nur von beschränkter Lebensdauer; nach der Fruchtbildung oder nach der Ausbildung der Spermatozoën gehen die Individuen größtenteils zu Grunde. Da nun die Sporen selten gute Gelegenheit finden um an dem mit Moosen dichtbesetzten Waldboden zu keimen und reife Pflanzen zu bilden, so würde die Spezies bald aus einer Gegend verschwinden, wenn nicht die unterirdischen Stengelteile, durch Ausbildung von schlafenden Augen zu Seitenzweigen, sie erhielten. Diese Seitensprosse entstehen an jenen Stellen, wo die Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse für ihre Entwicklung günstig sind; dies ist immer einige Zentimeter unter der Erdoberfläche. Wenn also auch der Rasen durch zusammengewehtes Laub oder Knospenschuppen der Laubbäume ganz verdeckt würde, so würde er doch dank diesen Seitensprossen hervorwachsen; die neuen Seitenzweige also regulieren die Tiefenlage der Moosstämmchen, soweit sie nicht als wasseraufnehmende Organe dienen. —

Ich hebe noch einmal hervor, wodurch sich die im Waldtorf und Lehmboden gewachsenen unterirdischen Stämmchenteile bei *Polytrichum commune* von denen aus dem Hochmoore unterscheiden. 1. Es fehlen ihnen alle besonderen Gewebe der Festigung; der Zentralzylinder ist umfangreich und dient auch zur mechanischen Solidität. 2. Alle Zellen des Querschnittes sind kleinlumiger. 3. Es fehlen ihnen die Hypodermalstränge. 4. Der Zentralzylinder ist im Querschnitte rund, nicht dreilappig. Er ist einfacher gebaut — Die Ursache dieser Struktur ist die kriechende Lebensweise des *Polytrichum commune* aus dem Waldtorf.

2. Das Rhizoidenkabel bei *Catharinea undulata*.

Es ist schon lange bekannt, daß die Rhizoiden von *Catharinea undulata* kabel- oder tauähnliche Stränge bilden, indem sie sich zusammendrehen und verflechten und schließlich an ihren Enden sich in einfache Rhizoiden ausfransen. In „Die natürlichen Pflanzenfamilien“, I. Teil, Abt. 3, 1. Hälfte, Musci, S. 184 (II. Aufl. 1924, 10. Bd., S. 33) findet man eine Abbildung dieser Stränge von *Polytrichum juniperinum* nach einer Arbeit von SCHIMPER. C. MÜLLER beschreibt hier dieses Kabel als ein „seilartig zu-

sammengesetztes, einer stärkeren Wurzel gleichendes Gebilde, aus welchem bei weiterem Längenwachstum von Strecke zu Strecke Seitenzweige hervorsprossen, die sich dem wurzelartigen Muttersprosse ganz gleich verhalten".

VAUPEL (1903) widmet diesen Rhizoidenbündeln der *Polytrichaceae* einen eigenen Abschnitt und spricht von Versuchen, die er angestellt hat, um die „Dochtwirkung" dieser Stränge bei der Wasserhebung nachzuweisen; er meint, daß sie in erster Linie dem Wassertransport und erst in zweiter Linie als Haftorgane dienen. Die Bezeichnung „Rhizoidenkabel" rührt von VAUPEL her; er gebraucht dies Wort deshalb, weil „die schwächeren Rhizoiden um ein stärkeres herumgedreht sind".

Bei *Polytrichum* sind die Rhizoidenkabel Ausfransungen des Rhizoidenmantels, der die unterirdischen Stengelteile, besonders bei den Exemplaren aus dem Laubwalde und dem Lehmboden, fest umhüllt. Ich fand nie „Moosknospen" an ihnen, und auch CORRENS zählt die Gattung *Polytrichum* nicht auf, als er im Kapitel „Wurzelknöllchen" in seinem Werke „Untersuchungen über die Vermehrung der Laubmoose durch Brutorgane und Stecklinge" auf die Vermehrung der Moose durch Rhizoidenknospen zu sprechen kommt. CORRENS zitiert auch die obenerwähnte Abbildung von *P. juniperinum* nicht, die zum Autor W. PH. SCHIMPER hat. Querschnitte habe ich durch die Kabel bei *Polytrichum* nicht machen können, da die Einlagerung von Sand das Schneiden unmöglich machte.

Bei *Catharinea undulata* ist das Rhizoidenkabel aus weißen oder sehr schwach gelblichen, dünnwandigen Rhizoiden zusammengesetzt, welche an ihren Enden stets im Wachstum begriffen sind, dort also sozusagen meristematisch sind. Das Kabel nimmt seinen Ursprung an dem unteren Ende des Stämmchens. Rings um die Ursprungsstelle sind viele andere gewöhnliche Rhizoiden zu sehen, die sich auch stark verzweigen, bei kleinen Pflänzchen strahlenförmig auseinander streben und recht tief in den Boden eindringen, bei großen Stämmchen auch einen ziemlich dichten Rhizoidenfilz um den unteren Teil des Stengels bilden, soweit er nämlich in der Erde oder in der feuchten Atmosphäre der Erdnähe sich befindet. Die apikal entstandenen Kabel Rhizoiden aber beginnen sich sofort nach ihrem Austritt um ein mittleres Rhizoid zu drehen, senken sich zuerst etwas in die Tiefe und biegen schließlich horizontal ab; sie bewahren im Erdboden eine bestimmte Tiefenlage, welche durch ausgetriebene Seitenäste stets wieder eingenommen wird, wenn sie durch irgendwelche Umstände geändert wurde.

Am Kabel entstehen von Stelle zu Stelle junge Pflänzchen

ohne sichtbare Regel in der Reihenfolge. Die junge Brut entsteht aus weißlichen Knospen, die eine eigene Scheitelzelle aufweisen, hinaufwachsen und schließlich nach dem Durchbrechen des Erdbodens zu grünbelaubten Pflanzen werden. Es kostet viel Mühe und Geduld, um aus einem Erdklumpen die Pflänzchen derart herauszupräparieren, daß sie mit ihren Rhizoidensträngen zusammenhängen. Wir finden dann, daß eine große Anzahl von Individuen (es gelang mir, bis 38 zusammenhängend herauszupräparieren) durch das reichverzweigte System der Kabel verbunden sind; ja, man könnte behaupten, daß der ganze Rasen im Erdboden zusammenhängt.

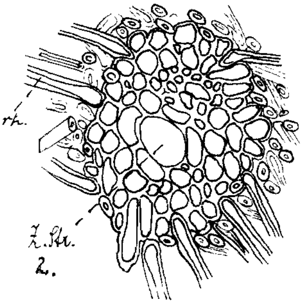


Abb. 2. *Catharinea undulata.* Querschnitt durch ein altes Rhizoidenkabel. rh. = Rhizoiden, Z Str. = „Zentralstrang".

Die innere Anatomie dieses Rhizoidenkabels wurde bis jetzt noch nicht untersucht; nur die jungen sind aus lose zusammengedrehten Rhizoiden bestehend. Querschnitte aber haben mir gezeigt, daß die Rhizoiden mit ihren Wänden oft aneinanderwachsen, so daß ein „Gewebe" entsteht (vgl. Abb. 2). Während sich die äußeren Schichten dieses Gewebestranges zu losen Fäden ausfransen, werden ein paar zentrale Rhizoiden stark großlumig und bilden einen „Zentralstrang". Die Zellen des Rhizoidenstranges sind durchgehends dickwandig, ihre Wände sind fast homogen und sonst mit denen der äußeren losen Rhizoiden gleichartig; man merkt sofort, daß wir es hier mit zusammengeklebten Rhizoiden zu tun haben.

Welche biologische Bedeutung hat nun dieses Organ? Wir haben erwähnt, daß *Catharinea* neben den Kabelrhizoiden auch

andere hat, welche weder ihrer Festigkeit, dem Aussehen noch der Zahl nach denen der übrigen Laubmoose nachstehen. Die letzteren müßten hinreichen, um das Moos im Boden zu fixieren und das nötige Wasser heraufzuleiten. Die Rhizoidenkabel erschließen übrigens kein neues Terrain für die Wasserversorgung: sie dringen in keine besondere Tiefe des Bodens ein, und das Wasser aus der Umgebung können sie einem Pflänzchen auch nicht zuleiten, da dieses von dem Stämmchen des betreffenden Ortes verbraucht wird. Es bleibt nun nichts anderes übrig als anzunehmen, daß das Rhizoidenkabel bei *Catharinea undulata* zur vegetativen Ausbreitung dieser Art dient; daß es nebenher auch zur Festheftung der Pflanzen im Boden und zur Wasseraufnahme dient, ist selbstverständlich. Diese letztere Funktion scheint bei den Kabeln von *Polytrichum* die einzige zu sein, da Wurzelknöllchen bei dieser Gattung noch zweifelhaft sind. —

Cernauţi (Rumänien), Botanisches Institut,
im August 1924.

Zitierte Literatur.

1. E. BASTIT, Comparaison entre le rhizom et la tige feuillé des Mousses. Bull. de la Soc. bot. de France. t. 36, S. 295—303. 1889. Ref. in JUSTs Bot. Jahrb. 1889, Bd. 1, S. 361.
2. D. H CAMPBELL, The Strukture and Development of Mosses and Ferns. 1918.
3. ENGLER-PRANTL, Die natürlichen Pflanzenfamilien. I. Teil, Abt. 3, 1. Hälfte, Musci, 1909; II. Auflage, Bd. 10, 1924.
4. G. HABERLANDT, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose. PRINGSHEIM, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 17, S. 359-498, 1886.
5. F. HY, De la structure de la tige des mousses de la famille des Polytrichacées. Bull de la Soc bot. de France. t. 27, S. 106-112, 1880. Ref. in JUSTs Bot. Jahrb. 1880, Bd. 1, S 500-501.
6. A. G. TANSLEY and E. CHICK, Notes on the Conducting Tissue-System in Bryophyta. Annals of Bot., Bd 15, S. 13—30, 1901.
7. F. VAUPEL, Beiträge zur Kenntnis einiger Bryophyten. Flora, Bd. 92, S. 346—370, 1903.
8. H. WAENKER v. DANKENSCHWEIL, Beiträge zur Anatomie der Laubmoose. Hedwigia, Bd. 57, S. 14-61, 1916.
9. R. v. WETTSTEIN, Handbuch der systematischen Botanik, Leipzig-Wien 1911.

52. L. Jost: Über den Geotropismus der Grasknoten.

(Eingegangen am 23. September 1924. Vorgetragen in der Oktobersitzung.)

RENNER[1]) hat aus der Arbeit von SCHTSCHERBACK[2]) den Schluß gezogen, daß im längs gespaltenen Stengel jede Längslinie geotropisch ebenso affiziert wird wie im intakten Organ. Nach Längshalbierung und Horizontallage soll also die untere Hälfte stärker wachsen als in Vertikallage, während die obere im Wachstum gehemmt wird. RENNER schloß daraus auf eine radiale Polarisation des Stengels, wie sie schon NOLL angenommen hatte, und wie sie ganz besonders in HABERLANDTs Statolithentheorie vorausgesetzt wird: Die radialen Wände der Statolithenzellen sind für einseitige Schwerewirkung unempfindlich, nur die tangentialen reagieren auf sie; und zwar bewirkt der Druck von Stärkekörnern auf die tangentialen Außenwände eine Wachstumssteigerung in der Umgebung der Statolithen, während der Druck auf die Innenwände im Gegenteil zu einer Wachstumshemmung führt.

In der 4. Auflage meiner Physiologie betonte ich[3]), daß SACHS[4]) zum Teil zu andern, von SCHTSCHERBACK abweichenden Resultaten gekommen sei, und meinte, daß unter allen Umständen die Grasknoten ein ganz anderes Resultat ergeben. In der Tat hatte ja schon DE VRIES[5]) folgende Versuche an diesen ausgeführt:

1. Längshalbierte Knoten wurden mit der Schnittfläche in die Horizontale gebracht; es trat sowohl an der oberen, wie an der unteren Hälfte eine geotropische Krümmung auf. Sie war bald in der oberen, bald in der unteren Hälfte stärker; offenbar krümmte sich die kleinere „Hälfte“ stärker als die größere.

   Auch PFEFFER[6]) 1893 hat diese Versuche mit gleichem Resultat wiederholt.

2. Knoten wurden übers Kreuz gespalten; jedes Viertel zeigte geotropische Krümmung, wuchs also auf der Unterseite stärker als oben.

---

1) RENNER, 1922, Zeitschr. f. Bot. 14, 461.
2) SCHTSCHERBACK, 1910, Beih. bot. Centralbl. (I), 25, 358.
3) BENECKE-JOST, Pflanzenphysiologie, 4. Aufl., II, 260
4) SACHS, 1873, Flora 56, 330.
5) DE VRIES, 1880, Landw. Jahrb. 9, 483 (Opera. Utrecht 1918, 3, 536.)
6) PFEFFER, 1893, Abh. Akad. Leipzig 20, 408.

Aus dem Umstand, daß hier also Längsteile sich so krümmen, wie sonst das ganze Gelenk, glaubte ich schließen zu müssen, daß nach der Zerteilung andere Wachstumsvorgänge eintreten als am intakten Knoten. Dieser Schluß ist aber falsch, wie im folgenden zu zeigen sein wird. Er nimmt keine Rücksicht auf die Tatsache, daß beim intakten Grasknoten nach Horizontallegen nicht nur die Unterseite, sondern auch die Flanken im Wachstum gesteigert werden. Daß das so sein muß, geht schon daraus hervor, daß das Wachstum der Unterseite die Verkürzung der Oberseite bedeutend übertrifft, oder daß auf der Oberseite überhaupt keine Verkürzung erfolgt. Die SACHSschen Versuche sind vor allem mit Mais ausgeführt. Werden die ursprünglichen (nicht ganz gleich großen) markierten Strecken auf Ober- und Unterseite alle gleich 100 gesetzt, so haben sie nach einigen Tagen folgende Längen angenommen:

Nr. der Pflanze	1	2	3	4	5	6
Oberseite . . .	58	75	90	56	87	100
Unterseite . . .	219	220	250	400	500	466

Man sieht ohne weiteres, daß die Verkürzung der Oberseite stets geringer ist als die Verlängerung der Unterseite. Nur wenn beide prozentisch gleich wären, könnten die Flanken bleiben wie sie sind.

Bei meinen eigenen Versuchen bemerkte ich in der Regel überhaupt keine Verkürzung der Oberseite, sondern eine beträchtliche Verlängerung der Unterseite neben einer geringen der Oberseite. Dann ist klar, daß auch in den Flanken eine Verlängerung stattgefunden haben muß, z. B.:

Mittelwerte aus mehreren Versuchen:

	Secale	*Triticum*	
Unten . . .	166	128	147
Oben . . .	103	104	115

Direkt gemessen wurde diese Flankenvergrößerung beim Mais

Mais intakte Knoten horizontal (Mittelwerte):

Unten	193
Rechte Flanke . .	136
Linke Flanke . .	142
Oben	100

Wenn aber die Flanken normalerweise mehr wachsen als die Oberseite, so muß auch am zerteilten Gelenk jede Hälfte sich krümmen. Reagiert das längs halbierte Gelenk auf die Schwerkraft genau so wie das intakte, so muß das Wachstum der beiden Schnittflächen unter sich gleich und ebenso groß sein, wie das der Flanken der intakten Knoten, reagiert aber jede Hälfte als neue Einheit, so muß in der nach oben gekehrten Schnittfläche das Wachstum gehemmt, in der nach unten gekehrten gefördert werden. Das war durch Versuche zu entscheiden.

Die Versuche. Es wurde mit den Knoten von Weizen, Roggen, Hafer, Mais gearbeitet; die Resultate waren im wesentlichen überall gleich. Es wurden gewöhnlich im Abstand von 2 mm mit Tusche oder schwarzem Spirituslack Marken angebracht, deren Entfernung einige Tage später mit dem Zirkel gemessen wurde. Es werden im folgenden nur die Mittelwerte von jeweils etwa 5 gleichbehandelten Knoten mitgeteilt, und es wird die Strecke von 2 mm bei Beginn des Versuches = 100 gesetzt.

I. *Secale*. Knoten längsgespalten, Schnittfläche horizontal.

Untere Hälfte	unten	180
	oben (Schnittfläche) .	152
Obere Hälfte	unten (Schnittfläche) .	133
	oben	95

II. *Triticum*.

Untere Hälfte	unten	123	178	205	190
	oben (Schnittfläche) .	112	134	130	123
Obere Hälfte	unten (Schnittfläche)	119	133	135	162
	oben	106	110	111	105

III. Mais.

Untere Hälfte	unten	143	214
	oben	102	143
Obere Hälfte	unten	98	135
	oben	61	101

Die Versuche lassen keinen Zweifel, daß die Verlängerung der beiden Schnittflächen ungefähr die gleiche ist, einerlei ob sie nach oben oder nach unten gekehrt sind. Die Verlängerung ist aber auch dieselbe wie am intakten Knoten (s. Vers. S. 339 mit Mais). Auch am gespaltenen Grasknoten wächst demnach, wie RENNER das für beliebige Stengel ausführt, jede Längs-

linie gerade so wie sie im intakten Organ wachsen würde. Der äußerlich große Unterschied zwischen dem Grasknoten und einem beliebigen Stengel: dort Krümmung beider Längshälften, hier Krümmung nur der Unterseite, ist lediglich die Folge davon, das bei horizontal gelegten Grasknoten auch die Flanken lebhaft in die Länge wachsen. Nach der HABERLANDTschen Statolithentheorie muß demnach bei Gräsern auch ein Druck auf die Radialwände Wachstum auslösen, während ein Druck auf die inneren Tangentialwände ohne Erfolg bleibt.

53. M. Möbius: Über graues und schwarzes Holz.

(Eingegangen am 25. September 1924. Vorgetragen in der Oktobersitzung.)

Durch meine Mitteilung über das Grauwerden des Holzes (in diesen Berichten, Bd. XLII, S. 15) hat Herr SILVESTR PRÁT (ebenda, S. 225) sich veranlaßt gesehen, auf seine früheren Angaben über die Pilze in Wespennestern hinzuweisen. Ich habe diese Angaben, die in einer tschechischen Zeitschrift veröffentlicht waren, nicht gekannt, mit um so größerem Interesse habe ich jetzt von ihnen Kenntnis genommen und daraufhin auch selbst einige Wespennester untersucht. In dem Material, das mir aus dem Museum der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft hier gütigst zur Verfügung gestellt wurde, fand ich nun auch dieselben Pilze wie in dem grauen Holz. Das ist auch nicht zu verwundern, da die Wespen als Material zum Nestbau gerade solche alte, von Menschenhand verarbeitete Holzteile, wie Telegraphenstangen und Pfähle, verwenden, indem sie etwas von der äußeren Schicht abtragen, wie mir der bekannte Lepidopterologe Professor Dr. SEITZ mitteilt. Wir sehen deshalb auch an Wespennestern häufig die silbergraue Färbung, mit deren Erklärung ich mich beschäftigt habe. In der Wand des Nestes von *Vespa saxonica* var. *norvegica* fand ich außer den braunen Pilzfäden auch Perithecien, die aus einer, wie es scheint, zweischichtigen braunen Wand von kurzen Zellen und mehreren Schläuchen bestehen. Leider konnte ich die Beschaffenheit der Sporen nirgends erkennen. Der Durchmesser der Perithecien beträgt ca. 30 μ; nach ihrem Bau würde man den Pilz wohl in die Gruppe der Perisporiaceae (nach LINDAU in ENGLER-

PRANTL, natürl. *Pflanzenfamilien*, 1. Teil, 1. Abt., S. 333) stellen können. In der Wand des Nestes von *Polystes* spec. fand ich außer dem braunen Pilz reichlich grüne Algen, die in ihrem Aussehen einer *Chlorella* entsprechen. Größere Zellen der Alge, deren Inhalt sich in zahlreiche kleine Zellen geteilt hat, messen ca. 16 μ im Durchmesser.

Von silbergrauem Holz habe ich unterdessen noch weiteres Material untersuchen können. Aus Deutschland erhielt ich durch die Güte verschiedener Kollegen, denen ich auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte, Proben von Aachen, Aschaffenburg, Freiburg, Limburg, Vegesack (bei Bremen). Von außerdeutschen Ländern hat mir die Schweiz und Griechenland Proben geliefert: in der Schweiz habe ich selbst gesammelt, aus Attika erhielt ich durch meinen Sohn kleine Holzstückchen von einer alten Kirchentür. Bei allen Proben nun habe ich dieselben Verhältnisse in Hinsicht auf die Beschaffenheit des Holzes und der Pilze gefunden, wie ich es in meiner ersten Mitteilung beschrieben habe, sowohl bei Koniferen als auch bei Laubholz. Auch die oben erwähnte *Chlorella* trat an einigen Proben auf, und zwar an denen von Attika, Andermatt und Lugano.

Es gelang mir aber auch, verschiedene Fruchtformen zu den braunen Pilzfäden zu finden. An Fichtenholz, das am Furkapaß, also in einer Höhe von 2430 m ü. d. M. gesammelt war, fanden sich Konidienfrüchte in Gestalt von etwa kugelförmigen Körpern, die bei Druck eine große Menge farbloser Sporen austreten ließen. Die Sporen waren länglich, an beiden Enden abgerundet, 5 μ lang. 2 μ dick.

Fruchtkörper mit Schläuchen fand ich zuerst an der Probe aus Griechenland, die einen besonders schönen silberweißen Glanz und unter der Lupe zahlreiche schwarze Punkte zeigte. Diese erwiesen sich als Perithecien, die teils intra-, teils intercellulär entstehen. Besonders treten sie gern in den von Harzgängen durchzogenen Markstrahlen auf, wo ihnen das Lumen des Harzganges Platz zur Entwicklung läßt. Form und Größe scheint von dem verfügbaren Raum abhängig zu sein und ist demnach etwas verschieden, kleinere haben ca. 20—30 μ Durchmesser. Aus ihnen ließen sich durch Druck mehrere längliche Schläuche herauspressen, und in den Schläuchen ließen sich zweizellige Sporen erkennen, so daß wir den Pilz wie den obengenannten aus dem Wespennest zu den Perisporiaceen, vielleicht in die Nähe von *Dimerosporium*, stellen dürfen.

Eine andere Ascusfrucht fand ich an Fichtenholz, das bei Andermatt in der Höhe von 1450 m gesammelt war und auch eine schöne silbergraue Farbe hatte. Ich fand aber nur ein geplatztes Perithecium, das eine Anzahl Schläuche von verschiedener Reife entlassen hatte. Die Schläuche waren ca. 90 μ lang und 18 μ dick und enthielten acht Sporen. Die reifen Sporen waren gelbbraun, 25 μ lang und 8 μ dick und ähnlich wie bei der Perisporiacee *Cleistotheca* (ENGLER-PRANTL, l. c. S. 337) mauerförmig geteilt. Leider gelang es mir nicht, mehr als dieses eine reife Perithecium zu finden, das aber ganz deutlich mit den braunen kurzzelligen Pilzhyphen in Zusammenhang stand, wie sie für das silbergraue Holz charakteristisch sind. Es entsteht nun die Frage, ob hier ein vereinzelter Fall vorliegt, bei dem eine andere Pilzspecies aufgetreten ist, oder ob überhaupt mehrere, im vegetativen Verhalten ähnliche Pilze an der Bildung des grauen Holzes beteiligt sind.

Um die Fruchtbildung kennen zu lernen, müßte man einesteils die Holzpilze am natürlichen Standort zu allen Jahreszeiten untersuchen, anderenteils müßte man sie in Kultur nehmen. Es wurden auch bereits erfolgreiche Versuche angestellt, die braunen Pilzfäden durch Kultur im feuchten Raum zum Auskeimen zu bringen, aber es entstanden nur farblose Hyphen von der Form wie bei meiner Abbildung (Bd. XLII, S. 16) in der dritten Holzzelle rechts. Fruktifikationsorgane wurden bisher in Kultur noch nicht beobachtet.

Da also noch eine ganze Reihe von Fragen in betreff der Natur dieser Pilze sowie auch der Entstehung des silbergrauen Glanzes zu lösen sind, so gedenke ich, die Untersuchungen im hiesigen botanischen Institut fortsetzen zu lassen, und begnüge mich an dieser Stelle mit den eben gemachten Andeutungen. Doch möchte ich die Gelegenheit benutzen, hier noch etwas über schwarzgefärbtes Holz mitzuteilen.

Es wurden mir nämlich ein paar kleine Stücke Holz von etwa Bleistiftdicke und einigen Zentimetern Länge übergeben, die in der Rhön dem Finder dadurch aufgefallen waren, daß sie außen ganz kohlschwarz aussahen, während sie im Innern die natürliche helle Holzfarbe zeigten. Mir ist eine derartige Erscheinung weder aus der Natur noch aus der Literatur bekannt, während man das grüne, durch *Peziza (Chlorosplenium) aeruginosa* gefärbte Holz in Gestalt entrindeter Zweigstücke nicht so selten auf dem Waldboden findet. Auch rotes, durch *Peziza sanguinea* gefärbtes Holz hat mir schon vorgelegen. Während aber bei diesen Pilzen das Holz durch und durch gefärbt ist, war bei dem

schwarzen Holz, das ebenfalls aus entrindeten Zweigstücken bestand, nur das Äußere gefärbt, als ob es angestrichen wäre. Welcher Species das Holz angehört, konnte ich nicht feststellen, da sich keine Präparate herstellen ließen, die ein deutliches Bild gaben, sicher war es ein Laubholz. Querschnitte zeigten, daß in den zwei bis drei äußersten Holzzellen die Lumina mit einer dunkelbraunen Inhaltsmasse erfüllt, die Membranen aber ungefärbt waren. Pilzfäden fanden sich in den Faserzellen und Holzgefäßen. Wenn man ein Stückchen in feuchtem Raum liegen ließ, so wuchsen ganze Büschel von Pilzfäden heraus, an denen reichlich Schnallen gebildet wurden: daraus ist zu schließen, daß es sich um einen Basidiomyceten handelt. Sehr merkwürdig ist der eigentümliche Geruch, der beim Befeuchten des Holzes eintritt und der sich nur mit dem vergleichen läßt, den viele Schlangen, z. B. die Ringelnatter, besitzen. Der Geruch tritt beim Befeuchten immer wieder auf. Mehr kann ich leider von dem schwarzen Holz nicht sagen, doch wollte ich nicht unterlassen, hierdurch auf sein Vorkommen die Aufmerksamkeit zu lenken.

Achtung!

Wegen des Weihnachtsfestes findet die Dezembersitzung am ***Sonnabend, den 27. Dezember, ½8 Uhr,*** *statt.*

Diesem Heft liegt eine Zahlkarte bei. Es wird gebeten, die Mitteilungen auf der 2. Umschlagsseite bezüglich der Zahlung des Mitgliedsbeitrages beachten zu wollen.

Sitzung vom 28. November 1924.

Vorsitzender: Herr A. ZIMMERMANN.

Der Vorsitzende macht Mitteilung davon, daß unser Mitglied, Herr

Dr. **Franz Duysen,**

Dozent an der Landwirtschaftlichen Hochschule in **Berlin,** am 10. November d. J. verstorben ist. Zu Ehren des Dahingeschiedenen erheben sich die Anwesenden von ihren Plätzen.

Als neue Mitglieder werden vorgeschlagen die Damen und Herren:

Hoffmann, Dr. **Curt** in **Leipzig,** Kantstr. 41, I (durch W. RUHLAND und F. BACHMANN),

Lorch, Wilhelm, Professor in **Berlin-Friedenau,** Fregestr. 7 (durch F. HERRIG und R. KOLKWITZ),

Mothes, Kurt, cand. pharm. in **Leipzig,** Nostitzstr. 27, IV (durch W. RUHLAND und F. BACHMANN),

Schanidze, Fräulein **Marie** in **Tiflis,** Botanischer Garten (durch W. ALEXANDROV und A. ZIMMERMANN),

Uspenski, E. E., Professor in **Moskau,** TIMIRIAZEFF-Forschungsinstitut, Pjatnitzkaja 48 (durch H. KNIEP und F. HERRIG),

Weis, Alfred, Studienassessor in **Leipzig,** Nostitzstr. 43, II (durch W. RUHLAND und F. BACHMANN),

Woronichin, Dr. **N. N.,** Leiter des hydrobiologischen Laboratoriums des Botan. Gartens in **Leningrad** (Petersburg), Rußland, Karpovka 19 log. 48 (durch N. A. MAXIMOW und A. N. DANILOV).

Zum ordentlichen Mitgliede wird ernannt Herr

Kolumbe, Erich, Lehrer in **Kiel-Gaarden.**

Die am 31. Oktober vorgenommene Wahl des Berliner Vorstandes und der Kommissionen mußte wegen eines dabei unterlaufenen Formfehlers in der Novembersitzung noch einmal wiederholt werden. Es fand Wahl durch Zettel statt, die von den Herren B. LEISERING und F. HERRIG ausgezählt wurden. Das Ergebnis der Wahl stimmt mit dem vom 31. Oktober (s. S. 310) überein mit der einzigen Abweichung, daß an Stelle des inzwischen verstorbenen Herrn F. DUYSEN Herr P. METZNER zum Mitglied der Kommission zur Vorbereitung der Wahlen und der Generalversammlung gewählt wurde.

Auf Anregung von Herrn H. KNIEP wurde zu Gunsten des in Not befindlichen Frl. ELEONORE SCHLEIDEN, die in diesen Tagen ihr 80. Lebensjahr vollendete, unter den Anwesenden eine Sammlung veranstaltet, die den Betrag von 85 M. ergab. Es wird gebeten, weitere Beiträge für diesen Zweck an Herrn Professor Dr. H. KNIEP, Berlin-Dahlem, Königin-Luise-Str. 1—3, zu übersenden.

Mitteilungen.

54. F. Brieger: Über den Silicium-Stoffwechsel der Diatomeen.

(Eingegangen am 22. Juli 1924. Vorgetragen in der Oktobersitzung.)

Die vorliegende Untersuchung stellt sich die Aufgabe, auf Grund der in der Literatur vorhandenen Angaben und eigener Untersuchungen zusammenzustellen, was wir über den Silicium-Stoffwechsel der Diatomeen wissen. Unsere Kenntnisse sind zwar noch lückenhaft. Die Spärlichkeit sicher bekannter Tatsachen läßt sich durch die noch nicht genügend sauberen mikrochemischen Methoden und vor allem durch die Kompliziertheit der Si-Chemie entschuldigen. Da hier aber kaum sichere Fortschritte zu erwarten sind, und da andrerseits eine Reihe zweifelhafter Angaben vorliegen, halte ich eine Besprechung doch für angebracht.

Die erste Frage, die wir zu stellen hätten, wäre, ob das Silicium für die Diatomeen nur einen fakultativen Nährstoff darstellt, durch ein anderes Element vertreten werden oder auch ganz fehlen kann. Die älteren Autoren begnügten sich hier meist mit Analogieschlüssen. Auf Grund der Versuche von SACHS schloß man (z. B. KOHL), daß das Silicium unnötig wäre. Man könnte auch analog zu den Versuchen von HÖHNEL an *Lithospermum* annehmen, daß Ca das Silicium vertreten könne.

Exakte Untersuchungen liegen nur für *Nitzschia palea* von RICHTER vor. RICHTER arbeitet mit Reinkulturen auf Agar; zu den Nährböden wurden nur ausparaffinierte Gefäße, reinste Nährsalze und Wasser verwandt, das mit Hilfe eines Platinkühlers und ausparaffinierter Gefäße destilliert wurde. Aus diesen Versuchen geht hervor, das wenigstens für *Nitzschia palea* Silicium unbedingt nötig ist. Wahrscheinlich werden sich aber alle Pennaten, deren Wände ja immer stark verkieselt sind, so verhalten. MIQUEL und RICHTER stellten fest, daß bei verschiedenen Formen ein Silikatzusatz zu dem Nährboden fördernd wirkt; diese Angaben kann ich bestätigen.

Ob es nun neben der unteren Grenzkonzentration auch eine obere gibt, über die ein Silikatzusatz nicht hinausgehen darf, ist

noch nicht untersucht. Bei den unlöslichen bzw. schwer löslichen Verbindungen ist es auch kaum zu erwarten. Man kann die Diatomeen auf reinem SiO_2-Gel bei Zusatz der geeigneten Nährsalze leicht kultivieren. MIQUEL beobachtete eine üppige Entwicklung in der Nähe von $CaSi_2O_5$-Stückchen.

Anders liegt es aber bei den leicht löslichen Alkalisilikaten mit ihrer stark alkalischen Reaktion. Hier wird vielmehr zu erwarten sein, daß einer unteren Grenzkonzentration, unter die der Silicium-Gehalt nicht herabsinken darf, sich eine obere hinzugesellt, über die die OH-Konzentration nicht hinaufgehen darf. Zwischen den beiden Extremen wäre ein Optimum zu erwarten.

Um in dieser Frage Klarheit zu bekommen, setzte ich mit drei Diatomeen, *Fragilaria elliptica, Nitzschia palea, Navicula* sp., Agarkulturen an mit den meist von mir verwandten Nährsalzen:

Agar 1,5 %, K_2HPO_4 0,01 %, $MgSO_4$ 0,01 %, $Ca(NO_3)_2$ 0,02 %.

Alles Wasser wurde in Glas umdestilliert. Wie ich schon früher betonte, haben die Zahlenangaben keinen absoluten Wert. Sowohl das Wasser wie der Agar sind durchaus nicht chemisch rein. Beide enthalten, abgesehen von anderen Verbindungen, die uns hier nicht interessieren, Silikate. Die Verunreinigungen, die durch das Wasser eingeschleppt werden, ließen sich allenfalls durch die Verwendung von Jenaer Glas, ausparaffinierter Gefäße und eines Platinkühlers vermeiden. Aus dem Agar ließen sich aber höchstens ungelöste Si-Verbindungen entfernen, d. h. Diatomeenschalen. Es bestünde dann immer die Möglichkeit, daß Spuren gelöst bleiben, und Spuren sind schon von Einfluß. Die Versuche ergaben, daß jedenfalls die ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen vorhandene Si-Menge unterhalb der optimalen Konzentration lag. Daß sie wahrscheinlich oberhalb des Minimums lag, ist für unsere Versuchsreihe nebensächlich. Ich konnte daher von den umständlichen und vor allem kostspieligen Vorsichtsmaßnahmen absehen.

Es wurden den Nährböden zugesetzt $K_2Si_2O_5$ in folgenden Konzentrationen:

0,250 %, 0,125 %, 0,063 %, 0,032 %, 0,016 %, 0,000 %.

Auch diese Zahlen haben wieder keinen absoluten Wert, da wir ja kaum etwas über die physikalisch-chemischen Verhältnisse im Agar wissen. Eine Messung der Leitfähigkeit ginge über den Rahmen dieser botanischen Untersuchung heraus. Die Versuchspflanzen wurden in Petrischalen auf den Nährböden ausgestrichen. Die unbewegliche *Fragilaria* blieb auf die Impfstellen beschränkt; die beiden anderen Arten bewegten sich fort.

Die Versuchsergebnisse ergaben sich aus dem Vergleich der Farbe der verschiedenen Kulturen, ein Verfahren, das schon RICHTER anwandte. Es ist genügend zuverlässig. Man darf aber nur Kulturen vergleichen, die mit einer Rasse angestellt sind. Die Farbe verschiedener Arten und auch verschiedener Rassen kann im Ton durchaus verschieden sein. *Fragilaria elliptica* ist braun bzw. schwarzbraun bei starker Entwicklung; die verwandten Rassen der *Nitzschia* und *Navicula* sind hellgelb; eine andere Rasse von *Nitzschia palea* war mehr rotbraun.

Der Hauptversuch dauerte vom 7. XII. 22. bis 5. II. 23. Die Ergebnisse sind unten wiedergegeben. Die Konzentrationen sind nach ihrer Wirkungsweise angeordnet, die stärksten links.

Fragilaria: 0,063 > 0,125 > 0,031 > 0,250 > 0,016 > 0,000 %
Navicula: 0,031 > 0,063 > 0,016; 0,000 > 0,125 > 0,250 %
Nitzschia: 0,031 > 0,016 > 0,063 > 0,125 > 0,250; 0,000 %

Aus diesen Zahlen ergibt sich folgendes: Wie erwartet, gibt es für alle drei Arten eine optimale Konzentration für den Zusatz von Kaliumsilikat. In allen Versuchen verschlechtert sich die Wirkung des Zusatzes von diesem Optimum aus nach beiden Seiten.

Ferner reagieren die drei Formen bezüglich der Höhe der optimalen Konzentration ganz verschieden. Die *Fragilaria* verträgt höhere Konzentrationen noch recht gut, besser sogar als das völlige Fehlen. Die beiden anderen vertragen wieder die höheren Konzentrationen kaum. Am tiefsten liegt das Optimum bei *Nitzschia palea*. Eine andere Versuchsreihe zeigte, daß sogar bei einem Zusatz von 1,0 % *Fragilaria* noch gut gedieh.

Es ergibt sich schließlich noch die für Kulturversuche wichtige Tatsache, daß für die drei beliebig herausgegriffenen Arten eine mittlere Konzentration von etwa 0,031 (– 0,063) % von einer mittleren fördernden Wirkung ist. Ich verwende seither bei der Kultur der verschiedensten Diatomeen einen Zusatz von dieser Höhe, der sich immer bewährt hat; er hat ferner den Vorteil, daß die oft recht lästigen Cyanophyceen ihn nicht gut vertragen (eine Folge der pH-Konzentration?).

Die nächste Frage, mit der wir uns zu befassen hätten, wäre, ob die Diatomeen das Silicium in gelöster Form geliefert bekommen müssen, oder ob sie etwa imstande sind, unlösliche Si-Verbindungen in lösliche überzuführen. Es ist hierbei zu beachten, daß auch bei schwer löslichen Verbindungen geringe Mengen gelöst sein werden, und daß offenbar für die Algen ganz geringe Mengen schon ausreichen.

Die Fähigkeit, SiO_2 zu lösen, hat RICHTER der von ihm kultivierten und genauer untersuchten *Nitzschia putrida* zugeschrieben. In einer seiner „Plasmodien"kulturen beobachtete er nur „kümmerliche Reste" von Schalen, die an „korrodierte Stärkekörner" erinnerten. Aus diesen Beobachtungen kann man jedoch den oben wiedergegebenen Schluß nicht rechtfertigen. Erstens, wenn die Diatomeen wirklich imstande wären, die Schalen anderer, toter Individuen zu lösen, so ist, worauf wir noch zurückkommen werden, damit nicht gezeigt, daß sie SiO_2 lösen. Dann ist durchaus nicht erwiesen, daß die Lösung der alten Schalen toter Individuen unter dem Einfluß der „Plasmodien" erfolgt ist. Daß Diatomeenschalen in heißem Wasser löslich sind, hat FRANZEL gezeigt, daß sie auch in kaltem Wasser allmählich gelöst werden, möchte ich mit KARSTEN für wahrscheinlich halten.

Wir kommen danach zum Schluß, daß wenn es auch durchaus möglich wäre, daß *Nitzschia putrida* die ihr von RICHTER zugeschriebene Fähigkeit besäße, es nicht bewiesen ist. Ein exakter Beweis ließe sich mit Kulturen auf SiO_2-Gel erbringen und konnte auch für *Fragilaria elliptica* erbracht werden.

Die Nährböden wurden nach dem Rezept von PRINGSHEIM hergestellt. Natriumwasserglas vom spez. Gew. 1,085 wurde mit HCl vom spez. Gew. 1,09 im gleichen Verhältnis gemischt, die Lösung in Petrischalen ausgegossen und nach dem Erstarren gründlich in fließendem Wasser gewässert, bis Lakmuspapier nicht mehr gerötet wurde. Der Nährboden wurde dann für etwa 24 Stunden mit einer Nährlösung der üblichen Zusammensetzung überschichtet, die danach abgegossen wurde. Ebensowenig wie bei den Agarböden wissen wir hier Genaues über die Zusammensetzung des fertigen Nährbodens, insbesondere in der Oberflächenschicht, in der die Diatomeen sich entwickelten. Gegenüber Agarböden besteht nur insofern ein Vorteil, als wir wenigstens genau wissen, woraus das Substrat besteht. Verunreinigungen können nur noch — Reinheit der verwandten Chemikalien vorausgesetzt — aus den Glasgefäßen stammen.

Auf diesem Substrat wurden eine ganze Reihe von Diatomeen kultiviert, z. B. *Rhopalodia gibba*, *Melosira varians*, *Nitzschia palea*, *N. sigmoidea*, mehrere Naviculeen u. a. m., ohne daß sich bei diesen Arten irgend etwas von einer Lösung des Substrates beobachten ließ. Es traten allerdings gelegentlich an den Stellen, wo sich die Diatomeen besonders stark entwickelten, schwache Vertiefungen auf. Diese erklären sich aber dadurch, daß hier das Substrat stärker austrocknete. Nur bei *Fragilaria*

elliptica traten scharf umschriebene Vertiefungen auf, deren Umfang dem der schwarzbraun gefärbten Kolonien entsprach. Nach etwa halbjähriger Kultur war fast die ganze Nährbodenschicht an diesen Stellen bis auf den Boden der Petrischale weggefressen.

Daß es sich hierbei tatsächlich um ein Fortlösen, nicht etwa um ein stärkeres Austrocknen handelt, erhellt aus folgenden Feststellungen:

Es entstanden nicht flache Einsenkungen, die allmählich aufhörten, sondern scharf umschriebene Gruben mit ziemlich steilen Rändern.

Die Sprünge, die mit der Zeit in dem austrocknenden Nährboden auftraten, gingen nicht von den Vertiefungen aus, sondern erreichten diese erst ziemlich spät. Die Trockenrisse sind nicht an den Vertiefungen am breitesten, wie man erwarten müßte, wenn dort die am meisten geschrumpften Partien wären, sondern gerade umgekehrt an den Vertiefungen am schmalsten und verbreitern sich nach außen hin. Schließlich fehlte am Ende der Kulturzeit in der Mitte das Substrat fast völlig, während es an den benachbarten Partien noch etwa 0,8 mm und nach völligem Wasserentzug durch Glühen immer noch einige Zehntel Millimeter hoch war.

Nach einer ungefähren Messung, die aber nur in der Dimension stimmen kann, ergab sich, daß auf 1 mm^2 im Verlaufe eines halben Jahres etwa 2,5 mg Trockengewicht SiO_2 gelöst war.

Wie die Lösung erfolgt, ließ sich nicht feststellen. Es wäre eine Ausscheidung von Alkali möglich, es könnte auch eine leicht lösliche organische SiO_2-Verbindung gebildet werden.

Daß sich verschiedene Diatomeen ganz verschieden verhalten können, manche SiO_2 lösen, manche wieder nicht, ist nicht verwunderlich. Gemeinsam sind ihnen die Grundzüge des Stoffwechsels, in diesem Falle die Verarbeitung des Siliciums. Die speziellen Verhältnisse sind aber genau so variabel wie bei rein morphologischen Eigenschaften. Unter den untersuchten Diatomeen nimmt in dieser Beziehung die *Fragilaria* eine Sonderstellung ein. Es ist in diesem Zusammenhange auch interessant, daß sie sich auch bei der Untersuchung der optimalen Konzentration eines Alkalisilikatzusatzes am anspruchsvollsten zeigte.

Ähnliche Schwankungen in den Fähigkeiten der einzelnen Arten scheinen übrigens auch, worauf ich hier kurz hinweisen möchte, bezüglich des C-Stoffwechsels zu herrschen. RICHTER stellte für *Nitzschia putrida*, MEINHOLD für *Pinnularia viridis* die Fähigkeit, Agar zu lösen, fest. Ich fand sie bei einer nicht näher bestimmten *Cymbella*, die ich aus dem Schleime einer *Chaetophora*

cornu damae aus dem Dachauer Moos bei München isolierte und eine Zeitlang kultivierte. Sie bohrte in das Substrat Gänge, in denen sie hin- und herglitt. Bei den anderen von verschiedenen Autoren bisher kultivierten Diatomeen scheint aber diese Eigenschaft zu fehlen. Die Diatomeen müssen auf Grund ihrer besonderen Stoffwechselfähigkeiten eine besondere Wichtigkeit im Naturhaushalte spielen. Es gibt nicht viele Organismen, die Agar lösen können und außer der *Fragilaria* keine nach unseren bisherigen Kenntnissen, die SiO_2 lösen.

Die Verwendung der aufgenommenen Si-Verbindung ist schon längst bekannt: es werden daraus die Schalen aufgebaut. Ganz unbekannt ist dagegen, woraus die Schalen im einzelnen aufgebaut sind, in welcher Verbindung das Silicium in ihnen auftritt. Da bei dem Versuche, hier etwas Klarheit zu schaffen, einige falsche Ansichten geäußert sind, ohne daß sie bisher widerlegt sind, möchte ich kurz auf diesen Punkt eingehen.

Daß in den Schalen eine „organische Grundlage" vorhanden ist, ist schon sehr lange sicher festgestellt. MOHL brachte in die älteren Anschauungen insofern Klarheit, als er die KÜTZINGsche Auffassung, es handele sich um verschiedene Häute, widerlegte und feststellte, daß es sich um ein morphologisch einheitliches Gebilde handele (l. c. S. 117). Diese organische „Grundlage" ist nach MANGIN eine Pektin-Verbindung, was MOLISCH allerdings anzweifelt, weil MANGIN lediglich Farbreaktionen verwandte.

Abgesehen von dieser organischen Verbindung ist also noch immer Silicium in irgendeiner Form vorhanden. Es wird in der Regel angenommen, daß es sich um SiO_2 handele, jedoch scheint mir das keineswegs sicher ausgemacht. Wenn auch die Diatomeenschalen nach dem Glühen wirklich nur aus SiO_2 bestehen sollten, darf man davon kaum auf die Verhältnisse in der lebenden Zelle schließen. Darauf hat schon, wie ich bei der Durchsicht der Literatur sah, LADENBURG 1872 hingewiesen. Er schrieb damals: „Während früher die Anwesenheit von Kieselsäure in den Pflanzenaschen als ein Beweis für das Auftreten dieser Verbindung in der lebenden Pflanze angesehen wurde, konnte jetzt die Möglichkeit nicht bestritten werden, daß wenigstens ein Teil dieser Kieselsäure erst durch die Verbrennung silicium-organischer Verbindungen entstanden waren" (S. 568).

Ob die vorhandene Si-Verbindung chemisch an die „organische Grundlage" gebunden ist oder ihr nur eingelagert ist, ist eine offene Frage, auf die MOHL bereits hinweist, die aber von botanischer Seite kaum entschieden werden kann. Von

chemischer Seite liegen nur die alten und ziemlich erfolglosen Versuche von LADENBURG und LANGE vor (die sich übrigens auf höhere Pflanzen erstrecken).

RICHTER ist in neuerer Zeit der einzige, der auf Grund der Beobachtung, daß marine Diatomeen NaCl brauchen, und $K_2Si_2O_5$ verarbeiten, während eine vergleichsweise kultivierte Protococcale dies nicht tut, annimmt, daß in der Schale $N_2Si_2O_5$ vorhanden sei. Dieser Schluß scheint mir nicht gerechtfertigt. Daß das aufgenommene Silicium in der Schale wieder auftritt, ist experimentell festgestellt; wozu das Natrium verwandt wird, ist dagegen ganz unbekannt. Aus dem Vergleich mit einer Protococcale, die überhaupt einen ganz anderen Stoffwechsel hat, nicht nur keine Kieselschale, läßt sich gar nichts schließen. Es ist ferner auch unwahrscheinlich, daß in der schwer löslichen Diatomeenschale gerade eines der wenigen leicht löslichen Silikate auftreten sollte.

In einer späteren Arbeit spricht RICHTER übrigens auch nur noch von einer organischen Na-Si-Verbindung. Aber auch diese Annahme ist unbewiesen. Es ist von nicht marinen Diatomeen nicht bekannt, daß sie Natrium in besonderen Mengen benötigen! Ich kultivierte sie immer ohne einen Zusatz einer Natriumverbindung.

Auf den Natriumgehalt der Schalen schließt RICHTER auch aus Behäutungsversuchen mit seinen „Diatomeenplasmodien“ Auch gegen diese Versuche läßt sich manches einwenden. Es erscheint mir doch zweifelhaft, ob die „Plasmodien“ wirklich Entwicklungsstadien von Diatomeen sind. Sie sind bisher von keinem der anderen Autoren, die Diatomeen kultiviert haben, wieder beobachtet worden. Die RICHTERschen Bilder erinnern mich stark an Kulturen, die Amöben enthielten. Die Abbildungen stammen von Kolonien der farblosen *Nitzschia putrida*; eine Unterscheidung farbloser „Diatomeenplasmodien“ von farblosen Amöben scheint mir ohne eingehende Untersuchung, nur nach lebendem Material, recht schwierig.

Aber auch wenn diese „Plasmodien“ Entwicklungsstadien von Diatomeen wären, so kann man doch meiner Meinung nach nur daraus, daß sie sich in einem Nährboden mit NaCl, $K_2Si_2O_5$ und Leuzin-Zusatz umbäuten (d. h. wohl einfach encystieren) nicht folgern, daß die Wände eine organische Na-Si-Verbindung sind. RICHTER hat bei diesen Versuchen nicht einmal gezeigt, ob in den Wänden überhaupt Si enthalten ist!

SACHS hat, angeregt durch die damals neuen Untersuchungen GRAHAMS an Kolloiden, die Frage aufgeworfen, ob es sich bei verkieselten Zellwänden um festes SiO_2 handele oder um wasser-

reiche kolloidale Lösungen. Diese Frage über den Wasserreichtum verkieselter Wände ist anscheinend nicht weiter beachtet worden. Bei den Wänden der Diatomeen handelt es sich jedenfalls um einen verhältnismäßig spröden Stoff, der bei stärkerem Druck zerspringt, und den die Zelle nicht dehnen kann.

Für das Leben der Diatomeen sind zwei der Eigenschaften ihrer Wände, ihre Sprödigkeit und ihre Schwerlöslichkeit, von Wichtigkeit.

Zunächst kann eine Diatomee nach Fertigstellung ihrer Wände, etwa nach der Zygotenbildung bei den Pennaten, nur noch durch Vergrößerung des Schalenabstandes und Verlängerung der Gürtelbänder an ihrem freien Ende wachsen.

Ferner sind die Wände veränderlich nur in der kurzen Zeit ihrer Bildung. Da sie aber in diesem Zeitraum in den Schalen der Mutterzelle bis zu ihrer fertigen Ausbildung geschützt liegen, sind sie nur wenig modifizierenden äußeren Einflüssen ausgesetzt. Daraus muß eine verhältnismäßige Konstanz des Schalenbaues resultieren, die eine gewisse Berechtigung, den Schalenbau für systematische Zwecke besonders zu verwenden, bietet.

Diese Eigentümlichkeit der Schalen kann sich auch in ganz anderer Weise bemerkbar machen. Einmal gebildete Abweichungen vom Typ müssen sich, soweit sie lebensfähig sind, dauernd bis zur nächsten „Auxosporen“-bildung, bei der erst wieder die Schalen abgeworfen werden, erhalten. In manchen Fällen vererbt sich die veränderte Schale auf nur ein Tochterindividuum als dessen Epitheka. Es kann aber anscheinend auch die Gesamtsymmetrie so durch die abweichend gebaute Schale verändert werden, daß dauernd wieder abweichende Schalen neu gebildet werden. In beiden Fällen hätten wir es mit Dauermodifikationen im Sinne von JOLLES zu tun.

Zusammenfassung:

1. Unbedingte Notwendigkeit von Silicium ist bisher nur von RICHTER für *Nitzschia putrida* nachgewiesen; für andere Formen noch nicht. Allgemein ist aber ein Silikatzusatz fördernd.

2. Bei hohem Zusatz von Alkalisilikat zu dem Nährsubstrat macht sich eine schädigende Wirkung bemerkbar, die wohl auf der hohen OH-Konzentration beruht. Dieser obere Grenzwert liegt für verschiedene Arten verschieden hoch.

3. Ein mittlerer Zusatz von Alkalisilikat ist von optimaler Wirkung. Auch dieses Optimum liegt bei verschiedenen Formen verschieden hoch.

4. Die meisten Diatomeen scheinen sich mit gelösten Silicium-Verbindungen zu begnügen. Nur *Fragilaria elliptica* löst kolloidales SiO_2.

5. Das aufgenommene Silicium wird in irgendeiner Form in der Schale abgelagert, in der sich außerdem noch sicher eine organische Verbindung befindet. Ob diese beiden Stoffe nur nebeneinander auftreten oder fest verbunden sind, ist unbekannt, ebenso auch die genauere Natur dieser Verbindungen. Die Angaben RICHTERs über diesen Punkt sind unbewiesen.

6. Die einmal fertige Schale kann von der Diatomee weder gedehnt noch gelöst werden. Anders lautende Angaben lassen sich nicht bestätigen.

Jena, Botanisches Institut.

Literaturverzeichnis.

KOHL, G., Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und der Kieselsäure in der Pflanze. Marburg 1889.

LADENBURG, A., Ber. d. chem. Ges. 5, 1872, S. 568.

LANGE, W., ebenda, 11, 1878, S. 823.

MANGIN, L., Sur la constitution de la membrane chez les Diatomées. Compt. rend. 146, 1908, S. 770–773.

MEINHOLD, Th., Beiträge zur Physiologie der Diatomeen. Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. 10, 1911, S. 353—385.

v. MOHL, H., Über das Kieselskelett lebender Pflanzenzellen. Ztschr. f. Bot. 19, 1862, S. 209, 217, 225.

MOLISCH, H., Mikrochemie der Pflanzen. II. Aufl. 1921.

PRINGSHEIM, E. G., *Algenkulturen. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden* 1922.

RICHTER, J., Zur Physiologie der Diatomeen I. Sitzber. k. k. Akad. Wiss., Wien. Math.-nat. Kl. 115, I, 1906, S. 27.

—, —, II. Denkschriften der Math.-nat. Kl. d. k. k. Akad. Wiss., Wien 84, 1, 1909.

—, —. Sitzber. 118, I, 1909.

SACHS, J., Ergebnisse einiger neuer Untersuchungen über die in der Pflanze enthaltene *Kieselsäure. Flora* 20 1862 S. 33, 49, 65.

55. N. Cholodny: Über die hormonale Wirkung der Organspitze bei der geotropischen Krümmung.

(Mit 3 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 8. August 1924. Vorgetragen in der Oktobersitzung.)

Das alte Problem über die Rolle, welche die Spitzenregion einiger Pflanzenorgane bei deren Reizbewegungen spielt, scheint in der letzten Zeit seiner Lösung etwas näher zu kommen. Die zahlreichen Versuche von BOYSEN-JENSEN, PAAL, STARK, SNOW, BRAUNER u. a. haben gezeigt, daß es hier höchstwahrscheinlich um die Ausscheidung irgendwelcher aus der Organspitze in die Wachstumszone diffundierenden Reizstoffe oder Hormone handelt. Falls dem so ist, so erhebt sich natürlich eine ganze Reihe von Fragen, deren Lösung als nächste Aufgabe der Erforschung auf diesem Gebiete zu betrachten ist. So fragt es sich z. B., ob die Wurzelspitze durch ein anderes Organ ersetzt werden kann, welches die Fähigkeit ähnliche Reizstoffe auszuscheiden gleichfalls besitzt. In der vorliegenden Mitteilung möchte ich in aller Kürze die Versuchsergebnisse darlegen, welche sowohl die obige, als auch einige andere diesbezügliche Fragen beantworten sollen.

Als Versuchsobjekt dienten mir hauptsächlich Keimlinge von *Zea Mays* mit 3—6 cm langen Wurzeln. Die Pflanzen wurden in feuchtem Sägemehl gezüchtet, dann herausgeholt und auf 5 bis 10 Min. in Wasser getaucht. Darauf wurden sowohl ihre Wurzeln als auch Koleoptilen auf 1—1½ mm dekapitiert und die Koleoptilespitzen an die Stelle der abgetragenen Wurzelspitzen aufgesetzt. Wegen der Adhäsion hafteten sie hier ziemlich fest an. Die auf diese Weise präparierten Keimlinge kamen nun in eine feuchte Kammer, worin sie während einiger Stunden in horizontaler Lage verweilten.

Das Resultat solcher Versuche war sehr bemerkenswert. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß bei dekapitierten und die *Koleoptilespitzen tragenden Wurzeln in der Wachstumszone stets ganz normale positive geotropische Krümmungen mit normaler Geschwindigkeit eintreten.* Was die lediglich dekapitierten Wurzeln (ohne Koleoptilespitzen) betrifft, so sind bei ihnen während der ganzen Versuchszeit (3—5 St.) keine geotropischen Krümmungen zu beobachten. Fast ebenso verhalten sich die Wurzeln, bei denen

die Spitze abgeschnitten und dann wieder an ihre Stelle aufgesetzt ist: nur ausnahmsweise treten bei ihnen schwache geotropische Krümmungen hervor.

Die Abb. 1 mag das Resultat eines solchen Versuchs veranschaulichen. Sämtliche 10 die Spitzen der Koleoptilen tragenden

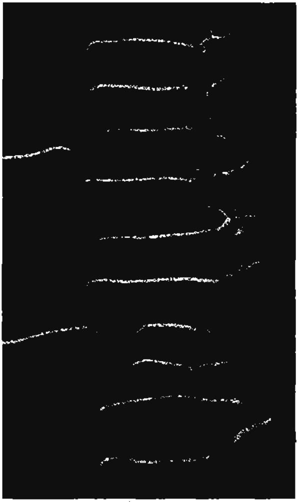


Abb. 1.

Wurzelstümpfe (10 Keimlinge rechts) weisen ganz deutliche positive Krümmungen auf[1]). Bei einigen Keimlingen sind diese Krümmungen sogar viel ausgiebiger als bei zwei Kontrollpflanzen (auf der Abb. links). Der Versuch dauerte $3^1/_2$ St. Temperatur — ca. 25° C.

1) Auf der Abbildung fehlen den Keimlingen 2 und 8 von oben die Spitzen, da dieselben während der dem Photographieren vorangehenden Manipulationen abgefallen sind, bei einigen anderen sind sie etwas versetzt und daher nicht recht gut sichtbar.

In der Mehrzahl meiner Versuche ergab sich dasselbe: sämtliche oder fast sämtliche (80—90 %) Keimlinge zeigten schon nach 2—3 Stunden deutliche geotropische Krümmungen. Aber damit *ein solches Resultat jedesmal sicher zu erzielen wäre, muß man* dafür sorgen, daß die Wurzeln keinen Mangel an Wasser erleiden. Wie schon bemerkt wurde, tauchte ich hierzu die Keimlinge vor der Dekapitation auf 5—10 Min. in Wasser. Außerdem wurden sie mehrfach im Laufe des Versuchs mit zerstäubtem Wasser benetzt.

Wie bekannt, hat R. SNOW neuerdings gezeigt, daß dekapitierte Wurzeln von *Vicia Faba*, denen abgeschnittene Spitzen wieder aufgeleimt sind, geotropische Krümmungen ausführen können. Der Meinung des Verfassers nach wird hier die geotropische Erregung durch die Gelatine weg zur Wachstumszone geleitet[1]. Nun ist aber *durch meine Versuche der Beweis erbracht, daß es sich hier nicht* um die Leitung einer problematischen „Erregung", sondern vielmehr um die chemische Wirkung des abgeschnittenen und wieder aufgesetzten Organteiles handelt. In der Tat ist wohl die Voraussetzung, daß ein positiv geotropisches Organ eine in der negativ geotropischen Spitze hervortretende Erregung perzipieren und auf dieselbe ganz normal reagieren kann, zu kompliziert und unwahrscheinlich. Jedenfalls klärt sie die Sache nicht zum mindesten auf.

Einfacher scheint mir die Annahme, welche ich schon an einer anderen Stelle ausgesprochen habe[2], daß sämtliche Zellen der Wachstumszone unter normalen Verhältnissen befähigt sind, den geotropischen Reiz aufzunehmen. Der Organspitze selbst ist dabei die Rolle eines Organs der inneren Sekretion zuzuschreiben, dessen Inkrete auf irgend eine uns zurzeit unbekannte Weise den Mechanismus der geotropischen Reaktion in Gang setzen können. *Daß man diese Funktion mit der sog. Perzeptionsfähigkeit der* Spitze nicht identifizieren kann, ist selbstverständlich: es ist wohl möglich, daß die zum Ausführen einer geotropischen Krümmung notwendigen Hormone auch von einer geotropisch ungereizten Spitze produziert werden.

Da die Uebertragung einer chemischen Substanz von der adhärierenden Spitze aus in die Wachstumszone der Wurzel nur auf dem Wege der Diffusion erfolgen kann, so liegt es auf der *Hand, daß bei einer ungenügenden Wasserversorgung die Versuche* weniger erfolgreich sein können.

---

1) Zitiert nach JOST, Bot. Cbl., Bd. 2 (1923), S. 358

2) Beih. z. Bot. Cbl., Bd. 39 (1922), Abt. I, S. 229—230.

Daß in den beschriebenen Versuchen die Koleoptilespitzen sich leistungsfähiger als die Wurzelspitzen zeigten, läßt sich wohl dadurch erklären, daß letztere nach der Abtrennung von der Mutterpflanze ihre Lebensfähigkeit viel schneller einbüßen. Anderseits ist es auch möglich, daß die apikalen Zellen der Koleoptile Reizstoffe in reichlicherer Menge als die Wurzelspitze ausscheiden, oder sogar, daß dieselben auf die Wachstumszone stärkere physiologische Wirkung als Wurzelhormone ausüben können. Dafür spricht besonders die interessante Tatsache, daß bei den die Koleoptilespitzen tragenden dekapitierten Wurzeln nicht nur der Krümmungsprozeß mit normaler Geschwindigkeit vor sich zu gehen pflegt, sondern sogar mehrmals sog. Ueberkrümmungen auftreten, wie sie sonst niemals bei diesem Organ beobachtet werden.

Was nun die Natur dieser, zurzeit wohl noch hypothetischen, Reizstoffe betrifft, so muß man in erster Linie die beiden folgenden Fragen beantworten. 1. Sind sie streng spezifisch, oder können vielleicht auch artfremde Hormone denselben Effekt wie arteigene hervorrufen, wie das vor kurzem STARK in einem anderen Beispiel nachgewiesen hat? 2. Sind die in Rede stehenden Reizstoffe den sog. Wuchshormonen oder Tropohormonen einzureihen? Mit der letzteren Benennung könnte man Reizstoffe bezeichnen, welche von einem Organ nur in dem Fall ausgeschieden werden, wenn dasselbe der Wirkung eines tropistischen Reizes ausgesetzt ist.

Um die erste Frage zu beantworten, habe ich einige Versuche mit verschiedenen Pflanzen angestellt. So wurden z. B. in einer Reihe von Versuchen an die Wurzelstümpfe von *Zea Mays* Spitzen der Koleoptilen von *Avena sativa* aufgesetzt. Das Resultat war rein negativ: es wurde in keinem einzigen Fall eine geotropische Krümmung beobachtet. Ein ganz anderes Resultat ergab sich aber in den Versuchen mit dekapitierten Wurzeln von *Lupinus angustifolius*, denen die Koleoptilespitzen von *Zea Mays* angesetzt wurden. Hier führten die Wurzeln normale und mehr oder weniger deutliche geotropische Krümmungen aus. Die Abb. 2 stellt das Resultat eines solchen Versuchs dar. Es sind hier rechts 10 Keimlinge von *Lup. angustifolius* abgebildet, welche ca. $4^1/_2$ St. in einer feuchten Kammer in horizontaler Lage verweilten, links oben 3 dekapitierte Wurzeln derselben Pflanze, denen ihre eigene Spitzen angesetzt sind, und unten eine unverletzte Kontrollpflanze.

Letzten Endes sprechen wohl die angeführten Versuchsergebnisse dafür, daß die Reizstoffe, welche von den Apikalzellen der Koleoptile von *Zea Mays* ausgeschieden werden, keinenfalls spezifisch sind. Es ist bemerkenswert, daß gerade bei den systema-

tisch so weit voneinander stehenden Pflanzen, wie *Lupinus* und *Zea*, sich ein so klares und eindeutiges positives Resultat ergab. Die Tatsache, daß bei den Versuchen mit *Zea* und *Avena* dasselbe nicht beobachtet wurde, findet vielleicht ihre Erklärung in einer ungenügenden Ausscheidung der Hormone, was seinerseits mit geringeren Dimensionen des Organes in Zusammenhang stehen könnte.

Was die zweite obige Frage betrifft, so hat es sich herausgestellt, daß eine direkte Lösung derselben eine recht schwierige

Abb. 2.

experimentelle Aufgabe ist. Ich habe zu diesem Zweck mehrere verschiedene Methoden anzuwenden versucht. Da sich aber dabei keine bestimmten Resultate ergaben, so brauche ich dieselben nicht ausführlich zu besprechen und kann mich mit einigen kurzen Bemerkungen begnügen.

1. Es wurde die Spitze der Koleoptile derart abgeschnitten, daß die Schnittfläche einen Winkel von ca. 45° mit der Organachse bildete. Die Wurzeln der Versuchspflanzen wurden auf dieselbe Weise schräg dekapitiert und dann die Koleoptilespitzen den Wurzelstümpfen in zweierlei Art angesetzt: S. Abb. 3, a, b. Die Keimlinge kamen, wie gewöhnlich, in eine feuchte Kammer, worin

sie eine Zeitlang in horizontaler Lage verblieben. Es leuchtet ein, daß, falls es sich bei geotropischer Krümmung um Tropohormone handelt, die Wurzeln mit aufrecht stehenden Spitzen keine geotropischen Reaktionen aufweisen müßten.

2. Um eine eventuelle traumatotropische Reaktion der Wurzel zu vermeiden, wurden die Versuche nach einer anderen Methode angestellt. Die Koleoptile wurde nach wie vor schräg, die Wurzel normal unter einem Winkel von 90° zur Achse dekapitiert. Dann wurde ein Teil der Wurzeln in die feuchte Kammer derart gebracht, daß die ihnen angesetzten Koleoptilespitzen aufrecht stehen blieben (Abb. 3, c), ein anderer Teil aber derart, daß sowohl die Wurzel als auch die Spitze in einer und derselben horizontalen Fläche sich befanden.

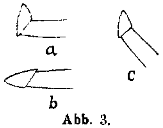


Abb. 3.

3. Dekapitierte Keimlinge wurden während ca. 1 St. in einer horizontalen Lage geotropisch induziert, dann in eine aufrechte Lage mit aufwärts gerichteten Wurzeln gebracht, wonach denselben die nicht induzierten Koleoptilespitzen angesetzt wurden. Das Auftreten einer geotropischen Reaktion sollte wohl dafür sprechen, daß hier keine Tropo-, sondern Wuchshormone wirken.

4. Unmittelbar nach der Dekapitation wurden den Wurzeln die Koleoptilespitzen angesetzt und dann die Keimlinge in einer feuchten Kammer in vertikaler Lage invers gestellt. Nach 1 bis $1^1/_2$ St. wurden die Spitzen weggenommen und die Keimlinge sofort in eine horizontale Lage gebracht.

Die Resultate der nach den Methoden 1 und 2 angestellten Versuche waren sehr schwankend. Das kann wahrscheinlich dadurch erklärt werden, daß hier wegen der Asymmetrie der aufgesetzten Spitze eine normale Verteilung der Reizstoffe in der Wachstumszone unmöglich wurde.

Was die Versuche 3. und 4. betrifft, so waren deren Ergebnisse rein negativ (keine Krümmungen), und daher sind daraus auch kaum irgendwelche bestimmte Schlüsse zu ziehen.

Neuerdings hat SÖDING[1]) gezeigt, daß die Spitze der Koleop-

1) Diese Berichte, Bd. 41 (1923), S. 396.

tile von *Avena* Wuchshormone ausscheiden kann, welche die Wachstumsschnelligkeit dieses Organes in beträchtlichem Maße fördern. Die Frage, ob diese Reizstoffe auch das Wachstum anderer Organe beeinflussen können, blieb bei SÖDING unbeantwortet. Durch spezielle Versuche konnte ich nun feststellen, daß die dekapitierten Wurzeln von *Zea Mays*, denen die Spitzen der Koleoptilen derselben Pflanze angesetzt sind, erheblich langsamer als dekapitierte Wurzeln ohne Spitzen wachsen. Nehmen wir an, daß durchschnittlicher Zuwachs der dekapitierten Wurzeln ohne Spitzen innerhalb einer Zeit von 3—4 Stunden gleich 100 ist, so beträgt der Zuwachs von dekapitierten Wurzeln mit angesetzten Koleoptilespitzen während derselben Zeit nach meinen Messungen nur 64.

Die Länge der Wurzel wurde dabei von einer außerhalb der Wachstumszone angebrachten Marke mit Hilfe eines Millimeterlineals gemessen.

Die auf dieselbe Weise angestellten Versuche mit dekapitierten Koleoptilen von *Zea Mays* zeigten eine merkbare Beschleunigung des Wachstums der Koleoptilen unter dem Einfluß der wieder-aufgesetzten Spitze. Durchschnittlicher Zuwachs pro 3—4 Stunden war in diesem Fall gleich 100 ohne Spitzen und 144 mit Spitzen. Nach Versuchen von SÖDING mit Hafer war ein solches Resultat wohl von vornherein zu erwarten.

Der interessanteste Punkt dieser Versuchsergebnisse liegt meines Erachtens darin, daß die aus der *Zea* Koleoptile diffundierenden Reizstoffe das Wachstum der Koleoptile selbst fördern, auf die Wurzel aber deutlich wachstumshemmend einwirken. Da diesem Unterschied auch ein Gegensatz im geotropischen Verhalten der Wurzel und Koleoptile entspricht (positiver und negativer Geotropismus), so gewinnt wohl dadurch die Vermutung, daß die Stoffe, welche die geotropische Krümmungsfähigkeit einer dekapitierten Wurzel wiederherstellen, keine Tropo-, sondern Wuchshormone sind, etwas an Wahrscheinlichkeit.

Auf die hier kurz besprochenen Versuche über die wachstumsfördernde resp. -hemmende Wirkung der Organspitze, ebenso wie auf einige damit verbundene theoretische Betrachtungen bezüglich des geotropischen Reizvorganges hoffe ich in einer anderen Mitteilung ausführlicher eingehen zu können.

Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Kiew,
im Juli 1924.

56. S. Kostytschew: Zum Problem der Halbschmarotzer.

(Eingegangen am 22. August 1924. Vorgetragen in der Oktobersitzung.)

Meine Untersuchung über die Ernährung der grünen Halbschmarotzer (Beihefte z. Botan. Centralblatt, Bd. 40, Abt. 1, S. 351, 1923) hat HEINRICHER (diese Berichte, Bd. 42, S. 243, 1924) einer kritischen Besprechung unterzogen. Da sowohl der HEINRICHERsche Standpunkt, als der meine in den soeben zitierten Mitteilungen klar dargestellt ist, so würde ich nicht wieder zur Feder greifen, wenn es sich hier nicht um eine aktuelle Frage von allgemeiner Bedeutung handelte. Diese Frage lautet so: „Was gilt heute als Nachweis in der chemischen Pflanzenphysiologie?"

Bevor ich aber zu dieser Hauptfrage übergehe, sei es mir gestattet, einen Vorwurf HEINRICHERs zu erwähnen, den ich wohl am wenigsten verdient habe. HEINRICHER hebt hervor, daß ich seine Versuche als nicht hinreichend darstelle, um aus ihnen auf eine volle assimilatorische Leistung der Halbschmarotzer zu schließen, und zieht hieraus den Schluß, daß ich seine Ergebnisse niedriger werte, als es andere Forscher getan haben. Demgegenüber will ich nur ein paar Sätze aus meiner Mitteilung herausgreifen.

S. 353: „Ausführliche Untersuchungen über die Lebensweise der Rhinanthaceen verdanken wir KOCH und namentlich HEINRICHER, dessen mehrjährige Arbeiten besondere Beachtung verdienen." Weiter folgt eine ausführliche Wiedergabe der wichtigsten Resultate HEINRICHERs.

S. 354: „Die Mitteilungen HEINRICHERs enthalten außerdem eine Fülle von anderen interessanten biologischen Beobachtungen und zuverlässigen morphologischen Angaben, die ich im vollen Umfange bestätigen konnte."

S. 368: „Ich habe die Wurzeln der Rhinanthaceen sorgfältig studiert und bin in der Lage, sämtliche Angaben HEINRICHERs bestätigen zu können . . . . Im Anschluß an HEINRICHER halte ich die Angaben von GAUTIER . . . . für irrig."

Auf eine Wiedergabe von übrigen analogen Ausdrücken will ich verzichten, denn jeder unbefangene Leser wird wohl einsehen, daß ich HEINRICHERs Arbeiten hoch werte. Dieser Eindruck kann wohl nicht dadurch geändert werden, daß ich nur die eine von den mehreren Schlußfolgerungen HEINRICHERs für nicht be-

wiesen erkläre, und zwar mit folgenden Worten: „So hoch ich auch alle übrigen Resultate HEINRICHERs schätze, bin ich dennoch genötigt, der Meinung Ausdruck zu geben, daß die Resultate BONNIERs durch HEINRICHERs Versuche nicht entkräftet *worden sind.*“

Dies ist nun eben der Punkt, den ich für sehr wichtig halte, und meine Einwände sind nicht speziell gegen HEINRICHERs Arbeiten, sondern vielmehr gegen die gesamte, noch immer allgemein verbreitete biologische Untersuchungsmethode gerichtet. die physiologische und biochemische Fragen auf Grund von annähernden Schätzungen lösen will.

Im XX. Jahrhundert hat die chemische Pflanzenphysiologie eine bedeutsame Evolution durchgemacht, da die Fortschritte der physikalischen und der biologischen Chemie eine Erforschung solcher Gebiete erschließen, die früher den Physiologen unzugänglich waren. Eine Übersicht der neueren Errungenschaften der chemischen Pflanzenphysiologie, unter Berücksichtigung der wichtigen modernen Methoden, findet man in meiner „Pflanzenphysiologie“. die nunmehr auch in deutscher Ausgabe erscheinen wird.

Nun erfordert der fruchtbare moderne Zustand der chemischen Pflanzenphysiologie, daß Physiologen und Chemiker eine und dieselbe Sprache führen, was leider nicht immer der Fall ist. So finden bei pflanzenphysiologischen Untersuchungen einige Methoden Anwendung. die bei dem Chemiker unwillkürliches Achselzucken hervorrufen. Hierzu gehört u. a. die wohlbekannte Gasblasenzählmethode.

In dem uns hier interessierenden Falle wird ein jeder Chemiker wohl verlangen, daß quantitative Fragen durch quantitative Methoden bearbeitet werden. Handelt es sich also darum, zu ermitteln, inwieweit die autotrophe Kohlenstoffversorgung für die Bedürfnisse der Pflanze ausreicht, so müssen die durch Zahlen ausgedrückten (d. i. quantitativen) Resultate erbracht werden; dies ist doppelt notwendig, wenn derartige quantitative Resultate bereits zu Gunsten der entgegengesetzten Ansicht vorliegen. Solange diese Forderung nicht erfüllt ist, kann man in der Chemie nicht von Nachweisen, sondern nur von Annahmen sprechen. Es ist eine ganz andere Frage, inwieweit die durch Zahlen ausgedrückten Resultate genau und zuverlässig sind: die Antwort darauf wird je nach Umständen in einzelnen Fällen verschiedenartig lauten. Hier handelt es sich aber nur um ein allgemeines chemisches Prinzip: „Ohne Zahlen keine quantitative Bestimmung.“

Auf diese Weise tut mir HEINRICHER Unrecht, indem er behauptet, daß „KOSTYTSCHEW sein Verdienst dadurch zu heben sucht, daß er meine Versuche und die SEEGERs als nicht hinreichend darzustellen sucht, um aus ihnen auf eine volle assimilatorische Leistung schließen zu können". Auf Grund meiner obigen Auseinandersetzungen ersieht man leicht, daß es mir durchaus fern lag, mein Verdienst zu heben, da ich die betreffende Frage überhaupt für nicht gelöst hielt. *Ebensowenig suchte ich die Notwendigkeit* meiner quantitativen Versuche durch Berufung auf PFEFFER, JOST und andere Autoren, deren Ansichten ich nur beiläufig erwähnte, zu begründen, wie es HEINRICHER irrtümlicherweise annimmt. Ich betone ausdrücklich, daß ich meine quantitativen Versuche als unbedingt notwendig zur Lösung der Frage nach der Ernährung der grünen Halbschmarotzer betrachte, weil ich die ganze Frage von einem bestimmten biochemischen Standpunkt aus behandle, und zwar ganz unabhängig davon, ob andere Forscher die HEINRICHERschen Versuche als ausschlaggebend betrachten, oder als unzureichend erklären.

Alle *obigen Auseinandersetzungen sind, meiner Meinung nach*, von hervorragender Wichtigkeit für die methodische Seite der Untersuchungen auf verschiedenen Gebieten der chemischen Pflanzenphysiologie. Es ist die Zeit gekommen, wo eine Revision unserer Untersuchungsmethoden sich als dringend notwendig erweist.

Auf alle kleineren Einwände HEINRICHERs kann ich hier nicht eingehen und erlaube mir nur folgende Bemerkungen zu machen.

I. HEINRICHER sagt, daß ich in der vorläufigen Mitteilung (diese Berichte, Bd. 40, S. 273, 1922) die Literatur „oberflächlich behandelte", da ich die Arbeit SEEGERs dort nicht erwähnt habe. Die genannte Arbeit ist in der ausführlichen Abhandlung eingehend besprochen, und ich halte die Forderung, in einer vorläufigen Mitteilung, und zwar bei der für die „Berichte" beschränkten Seitenzahl, die gesamte Literatur zu behandeln für nicht begründet.

II. Die von HEINRICHER für Versuche über Wasseraufnahme empfohlene dritte Versuchsserie (HEINRICHER a. a. O. S. 248) ist leider nicht ausführbar, da ein jeder Versuch mit nur einer Pflanze angestellt werden darf. Ein zweimaliges Abschneiden des Sprosses ist also ausgeschlossen.

III. HEINRICHER weist darauf hin, daß er noch früher als ich beinahe dieselben Ansichten über die primären Ursachen des Parasitismus äußerte. Hierzu kann ich beifügen, daß auch andere Forscher noch früher dieselben Gedanken entwickelten. Deshalb

habe ich meinen Auseinandersetzungen den folgenden Passus vorausgeschickt: „Da ähnliche Betrachtungen bereits früher seitens einiger Fachgenossen geäußert wurden, so liegt es mir ferne, irgendwelche Prioritätsansprüche zu erheben.“ Hierdurch glaubte ich die „Prioritätsfrage“ erledigt zu haben.

IV. Ich bin damit einverstanden, daß der Unterschied zwischen den HEINRICHERschen Ansichten und den meinen in betreff der Ursachen des Parasitismus bei den Rhinanthaceen deutlich ausgeprägt ist. Es handelt sich aber in diesem Falle um verschiedene Arbeitshypothesen, und ich bin weit davon entfernt, die HEINRICHERsche Theorie als unwahrscheinlich zu bezeichnen. Andererseits macht HEINRICHER eine unhaltbare Annahme, wenn er voraussetzt, daß ich die Bedeutung der Nährsalze für die Pflanze in Abrede stellen will.

Petersburg, Botanisches Institut der Universität.

---

57. Georg Borissow: Über die eigenartigen Kieselkörper in der Wurzelendodermis bei Andropogon-Arten.

(Aus dem Botanischen Laboratorium der Landwirtschaftlichen Hochschule in Wladikawkas.)

(Mit 19 Textfiguren.)

(Eingegangen am 20. September 1924. Vorgetragen in der Oktobersitzung.)

Wie dies aus den Literaturnachweisen hervorgeht, war die Frage nach der Verbreitung und Form der Kieselsäureablagerungen in den Pflanzen mehrmals Gegenstand von Untersuchungen.

Das Vorhandensein einer vorzüglichen zusammenstellenden Darlegung bei MOLISCH[1]) läßt es uns überflüssig erscheinen, auf Geschichte und gegenwärtigen Stand der Kieselsäurefrage näher einzugehen, und wir wollen uns damit begnügen, jene Kategorien der in Frage stehenden Körper zu erwähnen, die den von uns darzustellenden am nächsten stehen. Es handelt sich um die Kieselsäurecystolithen.

Wie bekannt, beobachtet man in einigen Fällen, daß die Cystolithen, die der Hauptsache nach mit kohlensaurem Kalk inkrustiert sind, auch Kieselsäure enthalten; diese lagert sich vor-

1) MOLISCH, HANS: Mikrochemie der Pflanze. Dritte Auflage. Jena 1923.

zugsweise in die Cystolithenstiele ein, bei *Ficus Sycomorus* bestehen aber die Cystolithen — wie KOHL[1]) hervorgehoben hat — vollständig aus Kieselsäure. Ferner untersuchte F. KOLPIN-RAVN[2]) näher die eigenartigen Kieselablagerungen bei einigen Loranthaceen und beschrieb diese als „rudimentäre Cystolithen". Andererseits sei aufmerksam gemacht auf die von HEINRICHER[3]) bei *Campanula persicifolia* und anderen Arten beobachteten „eigenartigen *Zellhautpfropfen, die etwa in der Mitte der Außenwände* der Oberhautzellen auftreten." „Sie springen entweder in das Lumen der Zellen vor, oder sie erscheinen durch Differenzierung ihrer Substanz scharf gekennzeichnet und nehmen sich wie in die Zellwand eingesetzte Stöpsel aus. Nach außen entsprechen sie kleinen Höckern und sind stark verkieselt." „Hierher gehören auch die von LINSBAUER[4]) in der Epidermis der meisten Bromeliaceen-Blätter entdeckten kleinen runden Kieselkörper, die zum großen Teil in der Wand der Oberhautzellen eingesenkt sind"[5]).

Die Kieselkörper, die wir in vorliegendem Aufsatze beschreiben wollen, stehen einerseits den Cystolithen, andererseits den Zellhautpfropfen nahe: *es handelt sich um Kieselsäureablagerungen*, und zwar in den Wurzelendodermen mancher von uns daraufhin untersuchten *Andropogon-(Sorghum)*Arten, die ihres eigenartigen Aussehens sowie ihrer Lokalisation wegen unseres Erachtens einer eingehenden Betrachtung wert sind.

Diesen Körpern begegnete Herr Professor W. TH. RASDORSKY anläßlich seiner Studien über die Prinzipien der Pflanzenarchitektur, worauf eine spezielle Untersuchung der in Frage stehenden Körperchen dem Autor dieser Arbeit anvertraut wurde.

Es wurden von uns in erster Linie *Andropogon eusorghum* A. u. G.[6]) und *Andropogon saccharatus* Kunth.[6]) näher untersucht.

1) KOHL, F.: Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg 1889.

2) F. KOLPIN-RAVN: Sur l'existence de „cystolithes rudimentaires" silicifiés chez quelques Loranthacées. Botanisk Tidsskrift Bd. XXI. Kopenhagen 1897.

3) HEINRICHER, E.: Ein reduziertes Organ bei *Campanula persicifolia* und einigen anderen *Campanula*-Arten. (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. 1885. Bd. III, S. 4.)

4) LINSBAUER, K.: Zur physiologischen Anatomie der Epidermis und des Durchlüftungsapparates der Bromeliaceen. (Sitzungsberichte d. K. Akad. d. Wissensch. in Wien. 1911. Bd. CXX, Abt. I, S. 328.)

5) Zit. nach MOLISCH (S. 78, 101).

6) Genauer gesagt, *Andropogon eu-sorghum vulgaris typicus* und *Andropogon saccharatus typicus* nach ASCHERSON und GRAEBNER. (Synopsis der mitteleuropäischen Flora, 1902, Bd. II, S. 50 und 49.)

Wie man aus den in den Figuren 1, 2 und 3 dargestellten mikroskopischen Bildern ersehen kann, ist hier der Zentralzylinder von der Endodermis umhüllt, deren Zellen mit stark verdickten und ausgeprägt geschichteten inneren Wänden versehen sind. In jeder Endodermiszelle, und zwar in der Mitte der stark verdickten Wandung, befindet sich im Querschnitt ein Gebilde, das auf den ersten Blick an eine Schraube erinnert; es sieht fast so aus, als ob die Endodermis an den Zentralzylinder festgeschraubt wäre.

Haben wir einen Tangentialschnitt derselben Wurzel oder, noch besser, ein Endodermisstück vor uns, das man von einer ihrer Rinde von uns entblößten Wurzel abgezogen hat[1]), so sehen wir, daß die Endodermis aus Zellen besteht, die in der mit der Zentralzylinderachse parallelen Richtung ausgezogen sind, wobei in jeder Zelle je fünf bis sechs oder mehr „Schraubenköpfchen" unregelmäßig kreisrunden bzw. polygonalen Umrisses sich befinden: das sind die schon erwähnten „Schrauben", im Aufriß gesehen.

Die Endodermiszellenwände erscheinen im übrigen mit zahlreichen kleinen Poren versehen (Figg. 7 u. 8).

Es ist nicht ohne Interesse, daß die Wurzelendodermis in unserem Falle in ihrem ganzen Umfange keine Durchlaßzellen hat und durchweg gleichmäßig dickwandig ist[2]): die Poren, die in großer Zahl in der Endodermis vorhanden sind, machen augenscheinlich die Anwesenheit etwaiger Durchlaßzellen überflüssig. — Die „Schrauben" bilden insgesamt annähernd parallele Längsreihen, deren Abstände untereinander fast gleich sind. Diese Regelmäßigkeit in der Anordnung wird aber nicht immer beobachtet, sie findet sich im allgemeinen bei den mittelalten Stadien der Wurzelentwicklung, während in den älteren Wurzeln die „Schrauben" eine unregelmäßigere Anordnung aufweisen, wie dies aus der Fig. 8 ersichtlich ist. Beim Durchmustern eines Radiallängsschnittes (*Fig. 10*) *erscheint das Bild etwa dem in der Fig.* 1 dargestellten ähnlich, mit dem Unterschied, daß die Zellen hier längsgestreckt vor uns auftreten.

Eine Prüfung der in Rede stehenden Zellwandeinschlüsse auf ihre chemische Natur zeigte, daß diese reich an Kieselsäure sind. Nachdem wir beobachtet hatten, daß die fraglichen Körperchen von solchen in der histologischen Praktik üblichen Reagentien, wie Chlorzinkjod, Jodjodkalium, Phloroglucin mit Salzsäure u. a. nicht

---

1) Das Abziehen gelingt leicht, etwa mit Hilfe eines Rasiermessers; bei dieser Operation hört man ein charakteristisches Knirschen.

2) In den jüngsten Stadien der Endodermisentwicklung erscheinen deren Zellen natürlich dünnwandig.

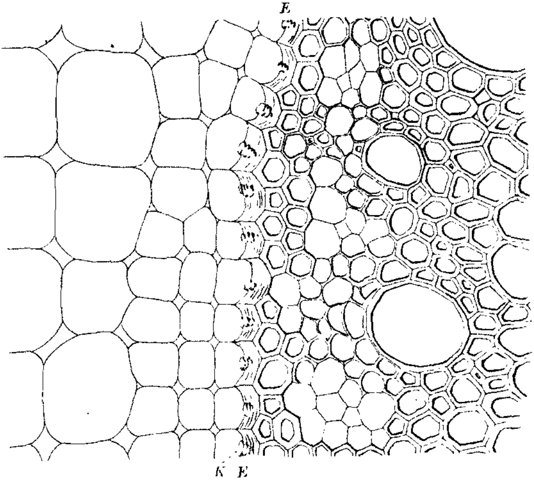


Fig. 1.

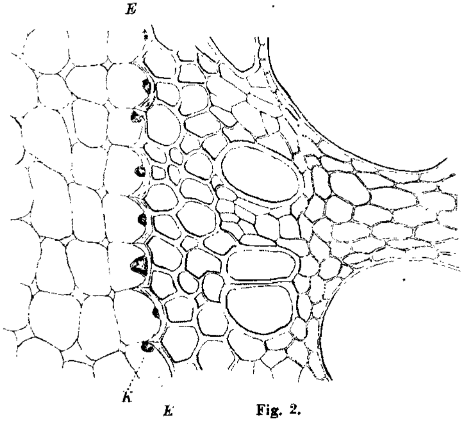


Fig. 2.

angegriffen, mit Farbstoffen wie Safranin, Methylgrün, Methylenblau, Karmin usw. nicht gefärbt werden, überzeugten wir uns ferner davon, daß sie auch unter Wirkung von Kali- und Natronlauge sowie konzentrierter Mineralsäuren (und zwar Salz-, Schwefel- und Salpetersäure) ungestört bleiben, und daß sie sich beim Glühen erhalten. Da lag die Vermutung nahe, daß wir es mit Kieselsäure oder mit von dieser durchtränkten Gebilden zu tun haben; diese Vermutung wurde durch Anwendung der KÜSTERschen Aufhellungsmethode gestützt, indem wir beim mit Phenol ausgeführten Aufhellen der Präparate den eigenartigen, die Verkieselung andeutenden, rötlichen Glanz bei den fraglichen Körperchen beobachteten. Endlich wurde von uns konstatiert, daß die zu untersuchenden Körperchen in geglühten Präparaten unter Wirkung der Fluorwasserstoffsäure sich lösen, indem bei der Einwirkung der letzteren und des Chlornatriums die Kristalle des Natriumfluorsilikats gebildet werden[1]).

Nachdem die chemische Natur der „Schrauben" im wesentlichen geklärt war, konnten wir einem eingehenderen Studium des Baues derselben nähertreten.

Bei genauer Betrachtung der Endodermisquerschnitte konnten wir bemerken, daß unsere Kieselsäuremassen nicht kompakte Körperchen sind, sondern aus je mehreren sich übereinander stockwerkartig lagernden Teilen bestehen, indem zwischen den letzten sich dünne, unter Umständen schwer zu unterscheidende, den verdickten Endodermiszellenwandungen angehörende Zelluloseschichten befinden; mit einer derartigen Zellulosebekleidung sind die Kieselkörper auch nach dem Zellinnern zu bedeckt (Fig. 2, 3 u. 5). Ein klareres Bild erhält man, wenn das Präparat mit Schwefelsäure behandelt und darauf mit Methylgrün bzw. mit Safranin gefärbt wird; dann quellen die Zellwände unter Einwirkung der Schwefelsäure auf und springen nun durch die Färbung mehr ins Auge, was dadurch begünstigt wird, daß die Kieselkörperchen ungefärbt bleiben (Fig. 4).

Es gibt also in den verdickten Zellmembranen der Wurzelendodermis von *Andropogon*-Arten stockwerkartig gelagerte, mit Kieselsäure ausgefüllte Kammern; der Unterschied in der Lichtbrechung der Kieselsäure einerseits und der Zellulose andererseits, im Zusammenhang mit Form- und Lagerungsverhältnissen, erzeugt augenscheinlich das oben beschriebene Bild, das uns von den

---

1) S. MOLISCH, l. c., S. 74–76; ZIMMERMANN, Die botanische Mikrotechnik, 1892, S. 52–54

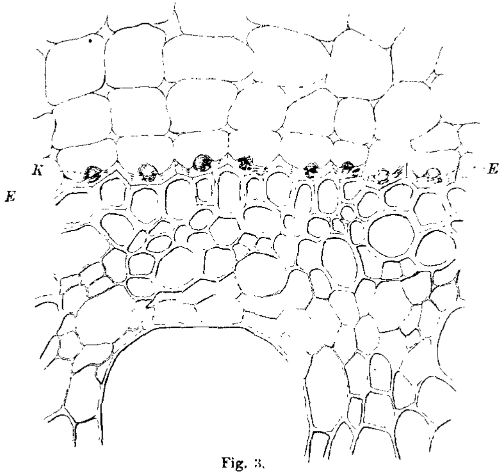


Fig. 3.

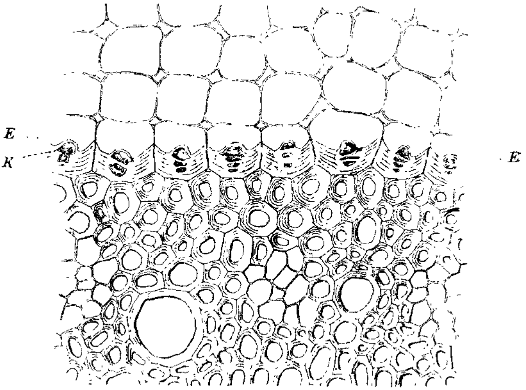


Fig. 4.

„Schrauben“ (bzw. „Pilzhütchen“) reden ließ. Man kann auch die in Rede stehenden Kieselkörper aus der Endodermis ausscheiden und als solche — in befreitem Zustande — betrachten; dazu bedienten wir uns einer der bekannten Methoden der Kieselskelett-erhaltung: Wir glühten einen auf eine Glimmerplatte gelegten Querschnitt bzw. ein Stück der abgeschabten Endodermis nach

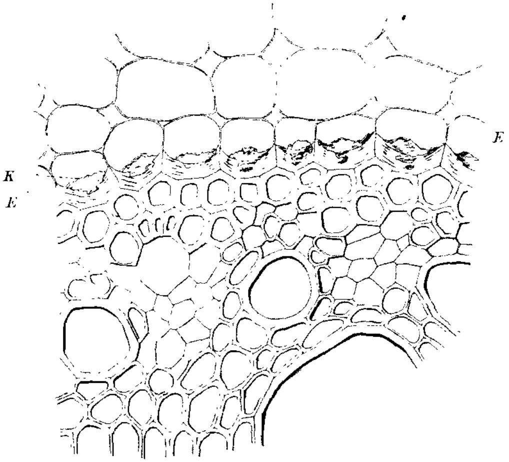


Fig. 5

Zusatz eines Schwefelsäuretropfens so lange, bis wir auf der Platte weißliche Asche erhielten; das Präparat wurde darauf mit Salz- und Salpetersäure unter Erwärmen bearbeitet behufs Entfernung von etwaigen das Bild verdunkelnden Aschenbestandteilen; hierbei blieb auf der Glimmerplatte nur ein Kieselskelett, das in den drei genannten Säuren unlöslich ist, übrig. — Dieses Verfahren zeigt, daß außer den in den verdickten Zellwänden befindlichen Kieselkörperchen Kieselsäure noch in den Membranen der gesamten Endodermis und der daran anschließenden Zentralzylinder- (und zwar Perizykel-)zellen, sowie der peripherischen

Rindenschichten diffus abgelagert ist; besonders reichlich wird Kieselsäure in unserem Falle jedoch in den Endodermiszellwandungen gespeichert.

Bei Anwendung gewisser Färbungsmittel wird die Endodermis zwar im ganzen gefärbt, zeigt aber dabei ein charakteristisches, an Glas erinnerndes Aussehen, während die übrigen Zellmembranen matt aussehen.

Die 11. Figur, die das nach der SACHSschen Methode hergestellte Kieselskelett der Wurzelendodermis von *Andropogon saccharatus* abbildet, zeigt uns klar den Verkieselungsgrad der Zellmembranen: das Präparat gibt mit einer gewissen Genauigkeit den Bau der Endodermis wieder; man kann die Stellungsverhältnisse der Zellen, manche Details der Wandungsskulptur, sowie die beinahe ihre natürliche Lage einnehmenden Kieselkörper beobachten; wir bemerken, daß die letzteren kein einheitliches Ganzes mit der Hauptmasse des Kieselskeletts bilden, daß sie vielmehr gesonderte Bildungen sind, infolgedessen beim Zerbrechen des Skeletts, z. B. bei einem auf das Deckglas geübten Druck, leicht zum Herausfallen genötigt werden. Wie die Figuren 12 und 13 veranschaulichen, besitzen die genannten Körper die verschiedensten, unregelmäßig konturierten Umrisse.

E

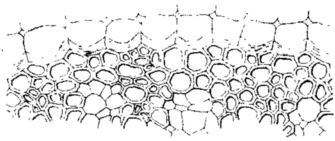


Fig. 6.

Nachdem wir ausfindig gemacht hatten, daß die Wurzelendodermen bei den von uns in erster Linie studierten *Andropogon*-Arten Kieselsäureablagerungen, die in beiden untersuchten Fällen ziemlich gleich sind, enthalten, lag es nahe, die verwandten Arten einer Prüfung auf das Vorhandensein von Kieselkörpern zu unterwerfen. Es stand noch *Andropogon Ischaemum* L.[1]) zu unserer Verfügung. Wir konnten uns leicht davon überzeugen, daß die letzt-

1) *Andropogon Ischaemon* (ASCHERSON und GRAEBNER, l. c., S. 40—41).

genannte Art in bezug auf die Kieselsäureablagerungen den zwei obengenannten sehr nahesteht. Wie aus der Fig. 16 ersichtlich ist, sind die in Rede stehenden Körper bei *Andropogon Ischaemon* vorhanden und im großen und ganzen den oben beschriebenen ähnlich: man findet auch hier Kieselkörperchen in den Kammern, die in den inneren verdickten Endodermiszellmembranen sich befinden; die Wandverdickungen sind aber hier schwächer ausgeprägt, und was die Körperchen selber anbelangt, so springt uns die etwas abweichende Form derselben ins Auge: sie sind bei dieser Pflanze kleiner als sonst, besitzen eine etwa ellipsoide Form und erscheinen nicht zusammengesetzt, sondern einfach. Schaben wir — wie dies in den früheren Fällen gemacht wurde — die Endodermis von einer entrindeten Wurzel ab, so zeigt uns das Mikroskop, daß die *A. Ischaemon*-Endodermis — die ebenfalls keine Durchlaßzellen trägt — aus längsgestreckten Zellen besteht, deren Wände mit Poren versehen sind und etwa in ihrer Mitte die Kieselkörperchen tragen.

Die Endodermismembranen sind im ganzen mit Kieselsäure durchtränkt, so daß, wenn man sie dem Glühen bei Zusatz von Schwefelsäure unterwirft und sodann mit Salzsäure bearbeitet, ein Kieselskelett hergestellt wird, das den Bau der ungestörten Endodermis darstellt (Fig. 18).

Die Kieselkörperchen von *Andropogon Ischaemon* sind selbstständig in dem Sinne, wie dies bei den früher betrachteten Arten beschrieben wurde; sie fallen nach dem auf das Deckglas geübten Druck heraus; die so erhaltenen Kieselkörperchen erscheinen als kleine Bildungen unregelmäßiger polygonal-spitzwinkeliger Form.

Wir konstatierten also das Vorhandensein eigenartiger Kieselablagerungen in den Wurzelendodermen von *Andropogon*-Arten, und, da diese in eine Cyste, und zwar in verkieselte Zellmembran, eingeschlossen sind, so können wir sie vielleicht mit Recht als Cystolithen, und zwar als Kieselcystolithen, bezeichnen.

Es soll betont werden, daß die *Andropogon* Cystolithen nicht immer die oben beschriebene Form besitzen; man kann manche Besonderheiten, die hauptsächlich im Zusammenhang mit dem Alter der Wurzel stehen, beobachten. Die jungen Wurzeln haben im Vegetationskegel keinen Cystolithen, und man kann am Wurzelende nicht einmal das bloße Vorhandensein von Kieselsäure nachweisen. Erst bei Beginn der Gewebedifferenzierung, von dem Zeitpunkt der Bildung des Endodermisringes an lagert sich die Kieselsäure in Form äußerst kleiner Körperchen ab. Schritt für Schritt, in dem Maß, wie die Membranen der Endodermiszellen sich verdicken, werden die Dimensionen der Kieselkörper immer

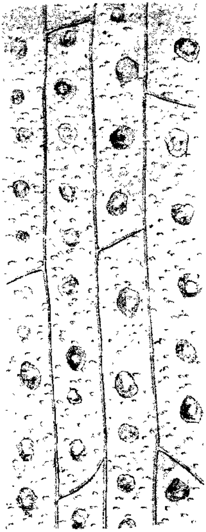


Fig. 7.

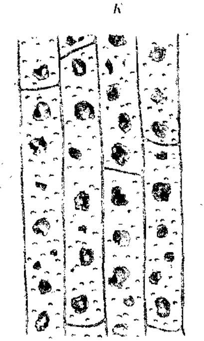


Fig 8.

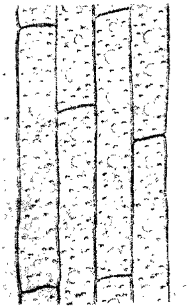


Fig. 9.

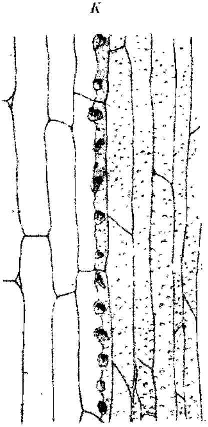


Fig. 10.

größer, indem die Verkieselung der ganzen Endodermiszellenwände nach und nach fortschreitet. — Die Figuren 2, 3 und 5, die drei Querschnitte der Wurzel von *Andropogon eu-sorghum* darstellen, veranschaulichen die späteren Stadien der allmählichen Kieselsäureanhäufung. Die Verschiedenheit in der Größe und Form der Kieselsäurekörperchen springt uns hier ins Auge; wir sehen, daß diese in dem älteren Bereich der Wurzel als größere Körper erscheinen, die dazu eine Neigung aufweisen, die innere Wand der Endodermiszellen mit einer ununterbrochenen Schicht auszukleiden, wobei die Ähnlichkeit mit den Schräubchen (bzw. Pilzhütchen) nachläßt.

Die Wurzeln von *Andropogon Ischaemon* (Fig. 16 und 17) sind in dieser Hinsicht noch lehrreicher, indem hier die Kieselkörper in späteren Stadien schon zu einem ganzen Ring, der den Zentralzylinder umgibt, zusammenfließen; außerdem beobachtet man daselbst noch Kieselkörper an den radialen und an den äußeren tangentialen Endodermiswänden; man kann also hier eine Neigung zu dem gänzlichen Ausfüllen des Zellinnern mit Kieselsäure bemerken.

Wenn man die Endodermis eines älteren Wurzelstücks in der Aufsicht vor sich hat, so beobachtet man, daß die Kieselkörper, etwa gesinterten Massen ähnlich, die Wände der Zellen bedecken, wobei die größeren Kieselanhäufungen ein kleines rundliches Körperchen in ihrer Mitte tragen: es sieht so aus, als ob jedes dieser Körperchen einen Ausgangspunkt, ein Bildungszentrum darstelle, in dessen Umkreis sich Kieselsäure in späteren Stadien, entsprechend den Wachstumsvorgängen in der Wurzel, nach und nach anhäuft.

Die eigenartige Form der Kieselcystolithen, eine gewisse Regelmäßigkeit in den Lagerungsverhältnissen derselben, sowie die ungewöhnliche Stelle, an der sie sich bilden, ruft eine ganze Fragenreihe hervor. Warum z. B. finden sich derartige Körperchen gerade bei den *Andropogon* Arten, und zwar in der Endodermis? Wenn wir den Umstand hervorheben, daß hier die Endodermis infolge einer stark ausgeprägten Verdickung der Zellwände eine treffliche Ablagerungsstelle darstellt, so daß die Kieselsäure das Zellinnere selbst mehr oder minder frei lassen kann, so haben wir darin noch keine erschöpfende Erklärung.

Wir wissen auch nicht, ob wir diese Ablagerung als eine mit einer etwaigen Filtration des Erdbodenwassers beim Durchtritt desselben durch die Endodermis im nächsten Zusammenhang stehende Erscheinung zu deuten haben, oder ob wir vielleicht hier

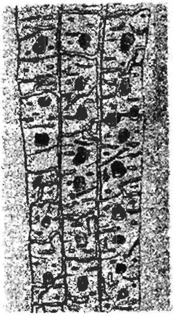


Fig. 11.

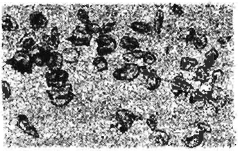


Fig. 12

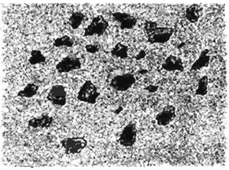


Fig. 13.

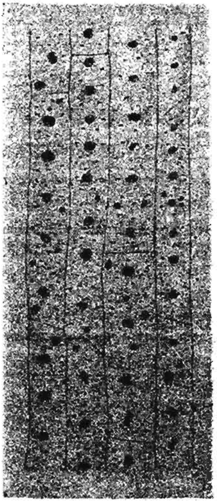


Fig. 14.

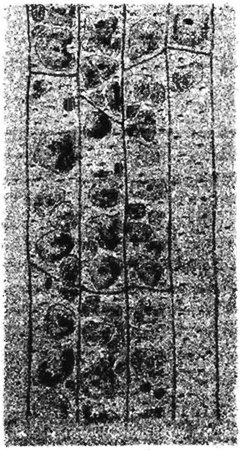


Fig. 15.

einem Nebenprodukt des ganzen inneren Stoffwechsels begegnen[1]). Ferner können wir uns fragen: Handelt es sich hier um eine Ausscheidung, die der Pflanze keinen Nutzen bringt, oder um ein Nebenprodukt, dessen Vorhandensein vom physiologischen bzw. ökologischen Standpunkt aus mehr oder minder befriedigend erklärt werden kann? In diesem Sinne könnte man an eine etwaige mechanische Bedeutung der Verkieselung denken. Wenn die Verkieselung der Zellmembranen dieselben hart und fest macht, so können wir im Fall der oberflächlichen Gewebe von einer schützenden Rolle gegen parasitäre Pilze und grasfressende Tiere sprechen (STAHL u. a.); handelt es sich aber um die Festigkeit der Pflanzengewebe gegenüber rein mechanisch wirkenden Faktoren, so liegt die Sache hier noch sehr im Dunkeln, und die vorhandenen Meinungen über die Bedeutung der Verkieselung in diesem Sinne gehen weit auseinander. Eine spezielle experimentelle Untersuchung über die mechanischen Eigenschaften der verkieselten Gewebe könnte uns erst eine etwaige Basis für begründetere Auseinandersetzungen geben; eine derartige Untersuchung ist in unserem Laboratorium schon angefangen.

Wir haben also in den Wurzeln von drei von uns untersuchten Arten der Gattung *Andropogon* (im weiteren Sinne) das Vorhandensein von eigenartigen Kieselcystolithen festgestellt und damit ein stets vorhandenes und dabei eigentümliches anatomisches Merkmal ausfindig gemacht für drei Arten, die von manchen Autoren in eine Gattung *(Andropogon)* aufgenommen werden, während sie von anderen Botanikern als Vertreter von zwei Gattungen *(Sorghum* und *Andropogon)* aufgefaßt werden. Es wäre nicht ohne Interesse, zu untersuchen, ob andere Gattungen bzw. Arten aus demselben Tribus Andropogoneae dasselbe Merkmal aufweisen; ein Gras — *Erianthus Ravennae* P. B. —, das von LINNÉ selbst in die Gattung *Andropogon*, als *Andropogon Ravennae* L., eingeschlossen worden war, und das vor einigen Jahren von Professor W. RASDORSKY auch im Tereckflußgebiet in wildwachsendem Zustande gefunden wurde, wird von uns daraufhin noch geprüft werden.

Schließlich gehorche ich einer angenehmen Pflicht, wenn ich meinem Lehrer, Herrn Professor WLADIMIR RASDORSKY, für die

---

1) Um wenigstens zu einer teilweisen Erklärung dieser Frage zu gelangen, werden von uns zurzeit Experimente mit Erzeugung von oberirdischen Adventivwurzeln der unter sonst normalen Bedingungen wachsenden Individuen von *Andropogon*-Arten ohne Kieselsäurezusatz angestellt.

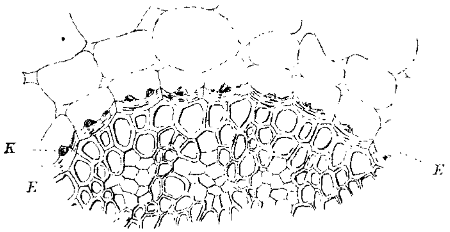


Fig. 16

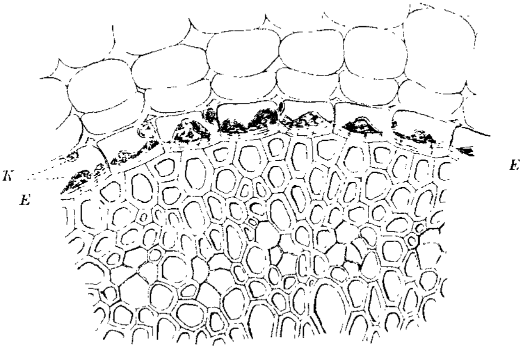


Fig. 17

Fig. 18

Fig. 19

Anregung und stetige Unterstützung, sowie für freundliche Übersetzung meines Aufsatzes ins Deutsche meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

Nachschrift während der Korrektur: Ich habe soeben die Wurzeln von *Erianthus Ravennae* P. B. — welchletztere Art, wie bekannt, von LINNÉ schlechthin als *Andropogon*-Art aufgefaßt wurde — vorläufig untersucht und das Vorhandensein der fraglichen Kieselkörperchen — in etwas anderer Form — auch hier konstatiert; eine ausführliche Beschreibung derselben soll später publiziert werden.

Die Kieselkörperchen in der Wurzelendodermis der von mir untersuchten Gramineen schlage ich vor „RASDORSKYs Körperchen“ bzw. „RASDORSKYs Schräubchen“ zu nennen.

Erklärung der Figuren.

Die Zeichnungen sind mit Hilfe des großen ABBE-ZEISSschen Zeichenapparats, und zwar mit Objektiv DD und Kompensationsokular 8 (× 520) hergestellt und bei der Reproduktion auf 2/3 verkleinert.
(E = Endodermis, K = Kieselcystolithe.)

Fig. 1. Wurzelquerschnitt von *Andropogon saccharatus*.
Fig. 2. Wurzelquerschnitt von *Andropogon eu-sorghum*, jüngere Wurzel.
Fig. 3. Desgl., mittleres Stadium.
Fig. 4. Wurzelquerschnitt v. *A. saccharatus* nach Behandlung mit Schwefelsäure.
Fig. 5. Wurzelquerschnitt von *A. eu-sorghum*, älterer Wurzelteil, nächst dem Hypokotyl.
Fig. 6. Wurzelquerschnitt von *A. saccharatus* nach Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure.
Fig. 7. Wurzelendodermis von *A. saccharatus* in der Aufsicht.
Fig. 8. Wurzelendodermis von *A. eu-sorghum* in der Aufsicht.
Fig. 9. Wurzelendodermis von *A. saccharatus* in der Aufsicht, nach Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure.
Fig. 10. Radiallängsschnitt der Wurzel von *A. saccharatus*.
Fig. 11. Kieselskelett der Wurzelendodermis von *A. saccharatus* in der Aufsicht.
Fig. 12. Kieselkörperchen aus der Wurzelendodermis von *A. saccharatus*.
Fig. 13. Kieselkörperchen aus der Wurzelendodermis von *A. eu-sorghum*.
Fig. 14. Endodermis einer jüngeren Wurzel von *A. Ischaemon* in der Aufsicht.
Fig. 15. Desgl., ältere Wurzel.
Fig. 16. Querschnitt einer jüngeren Wurzel von *A. Ischaemon*.
Fig. 17. Desgl., ältere Wurzel.
Fig. 18. Kieselskelett der Wurzelendodermis von *A. Ischaemon* in der Aufsicht.
Fig. 19. Kieselkörperchen aus der Endodermis von *A. Ischaemon*.

58. Theodor Peters: Die Wirkung des Lichtes bei der Keimung der Samen von Phacelia tanacetifolia.

(Eingegangen am 1. Oktober 1924. Vorgetragen in der Novembersitzung.)

Einleitung.

Die letzten zehn Jahre haben einige Abhandlungen über die Physiologie der Keimung gebracht. Unter anderen spielte auch die Frage nach der Wirkung des Lichtes bei der Keimung eine Rolle. Man konnte bekanntlich feststellen, daß das Licht bei einer großen Anzahl von Arten auf die Keimung einen Einfluß hat, und zwar bei manchen Samen einen mehr oder weniger fördernden bis zur Notwendigkeit von Licht bei der Keimung, bei anderen Samen hatte das Licht einen hemmenden Einfluß auf die Keimung. Man unterschied danach zwischen „Lichtkeimern" — das Licht fördert die Keimung — und zwischen „Dunkelkeimern" — das Licht hemmt die Keimung. Worin nun die Wirksamkeit des Lichtes eigentlich besteht, konnte bisher nicht ermittelt werden, wenn man sich hierüber auch verschiedene Ansichten bildete. Aus physikalisch-chemischen Gründen liegt die Ansicht nahe, daß das Licht auf irgendeinen chemischen Stoff verändernd wirken müsse, und daß dieser veränderte Stoff nunmehr den Prozentsatz der Keimung bestimmt. Da das Licht immer das gleiche bleibt, aber auf verschiedene Samen verschieden wirkt, so erscheint die Annahme von lichtempfindlichen Stoffen im Samen wahrscheinlich. Gerade als ich beginnen wollte, mit dem Dunkelkeimer *Phacelia tanacetifolia* zu arbeiten, erschien die Arbeit von MAGNUS: „Hemmungsstoffe und falsche Keimung". In dieser Abhandlung gibt MAGNUS seine Versuchsergebnisse an *Phacelia tanacetifolia* wieder. MAGNUS sucht nach Stoffen, die die Gestaltung der Pflanze beeinflussen; er hat also eine etwas andere Fragestellung, als ich sie habe. Er macht nun die hochinteressante Feststellung, daß mit Leitungswasser hergestellte und dann filtrierte Samenabspülungen bei gewissen Lichtstärken das Keimprozent deutlich herabsetzen, im Dunkeln dagegen bleibt jede Wirksamkeit der Samenabspülung aus.

Er folgert nun, daß im Samen beziehungsweise in der Samenschale — wie er durch besondere Versuche sehr wahrscheinlich macht — ein Stoff vorhanden ist, der sich durch Wasser herausspülen läßt, und der sich zwar im Licht nicht ändert, aber im

Licht eine die Keimung hemmende Wirksamkeit entfaltet, während er im Dunkeln vollkommen unwirksam ist. Diese Auffassung war mir chemisch nicht recht vorstellbar. Ich knüpfte nun an den Versuch von MAGNUS an. Es kam mir darauf an zu zeigen, daß der von MAGNUS in der Abspülung gewonnene Stoff nicht nur im Licht wirkt, sondern daß er auch durch Licht so wirksam gemacht werden kann, daß er seine Wirkung auch im Dunkeln deutlich zeigt, daß er also lichtempfindlich ist. Da es für meine Fragestellung zunächst nicht auf genaue Lichtstärken ankam, arbeitete ich im zerstreuten Tageslicht, und zwar wurden die Petri-Schalen, in denen je 100 Samen auf Filtrierpapier von SCHLEICHER und SCHÜLL lagen, mehrere Meter vom Nordfenster aufgestellt. Für die Dunkelversuche wurden die Schalen sorgfältig mit schwarzem Papier umwickelt.

Versuchsergebnisse.

Versuch Nr. 1. Ich knüpfte also an den Versuch von MAGNUS an, indem ich 15 g Samen in 50 ccm Leitungswasser 15 Minuten spülte, dann filtrierte und mit dieser Abspülung das Keimbett anfeuchtete. Der am 28. 5. 1921 angesetzte Versuch ergab im Dunkelversuch am 8. 6. 1921 an Keimungen 23 % gegenüber 49 % der Kontrolle, und im Versuch im zerstreuten Tageslicht am 8. 6. 1921 an Keimungen 4 % gegenüber 23 % der Wasserkontrolle. Der Versuch bestätigt zunächst die Beobachtung von MAGNUS, daß im Licht die Samenabspülung eine keimungshemmende Wirkung besitzt. Diese Wirkung ist sogar außerordentlich stark. Abweichend von MAGNUS ergab sich aber auch im Dunkeln eine starke Hemmung. Wenn diese Hemmung im Dunkeln auch nicht so stark ist, wie die Hemmung im zerstreuten Tageslicht, so ist sie doch unverkennbar. Das Keimprozent wurde im Dunkeln gut um die Hälfte herabgesetzt. Hergestellt und filtriert wurde die Abspülung im Tageslicht. Es folgen nun drei Versuche, deren Versuchsanstellung die gleiche ist wie bei dem eben beschriebenen Versuch.

Versuch Nr. 2. Beginn: 20. 6. 1921. Am 25. 6. ergab der Dunkelversuch 66 % Keimungen gegenüber 94 % der Wasserkontrolle und der Versuch im zerstreuten Tageslicht 6 % Keimungen gegenüber 43 % der Wasserkontrolle. Auch dieser Versuch zeigt eine starke Hemmung der Abspülung im Dunkelversuch. Das Keimprozent ist der Kontrolle gegenüber auf zwei Drittel herabgedrückt.

Versuch Nr. 3. Beginn: 2. 9. 1921. Am 9. 9. ergab der Dunkelversuch 77 % Keimungen gegenüber 81 % der Kontrolle.

Der Versuch im zerstreuten Tageslicht 7 % gegenüber 31 % der Kontrolle. In diesem Versuch ist die hemmende Wirkung der Abspülung im Dunkeln nicht deutlich, immerhin sind der Kontrolle gegenüber einige Keimungen weniger aufgetreten.

Versuch Nr. 4. In diesem Versuch sind die gleichen Samen verwendet wie in Versuch Nr. 3. Die schon einmal gespülten Samen wurden noch einmal gespült und diese „zweite Abspülung" verwendet. Beginn: 3. 9. Am 9. 9. zeigte der Dunkelversuch 68 % Keimungen gegenüber 77 % der Kontrolle und der Versuch im zerstreuten Tageslicht 13 % gegenüber 34 % der Kontrolle. In diesem Versuch ist die hemmende Wirkung der Abspülung im Dunkelversuch wieder deutlicher.

Versuch Nr. 5. In diesem Versuch wurde außer der „ersten" auch die „zweite" Abspülung verwendet. Auf letztere beziehen sich die Zahlen in Klammern. Beginn 29. 8. 1921. Am 31. 8. zeigte der Dunkelversuch 57 % (60 %) Keimungen gegenüber 78 % (Mittel von 4 Kontrollschalen) der Kontrolle. Der Versuch im zerstreuten Tageslicht ergab 3 % (7 %) gegenüber 20 % (Mittel von 4 Schalen) der Kontrolle. Auch dieser Versuch zeigt wiederum eine deutliche Hemmungswirkung im Dunkelversuch.

Es ergab sich nun die Frage, ob durch eine verbesserte Versuchsanstellung die Hemmungswirkung der Abspülung im Dunkelversuch nicht noch deutlicher gemacht werden könne. Ich stellte nun einen Versuch an, wo die Abspülung vor Versuchsbeginn drei Tage am hellen Nordfenster stand und gleichzeitig noch etwa während 24 Stunden elektrisch belichtet war. Es wurde die erste (I) und die zweite (II) Abspülung verwendet.

Versuch Nr. 6. Beginn: 29. 8. Nur Dunkelversuch.

Substrat	31. 8.	1. 9.	2. 9.	3. 9.
I. Abspülung	11 %	32 %	35 %	38 %
II. Abspülung	26 %	46 %	55 %	57 %
Kontrolle (dest. H_2O) . .	28 %	58 %	58 %	66 %

Der Erfolg war sehr deutlich, bei der zweiten Abspülung war die Hemmung nicht stark, dagegen zeigte die erste Abspülung eine außerordentlich starke Hemmungswirkung.

Es wurden nun noch einige Versuche mit veränderter Methodik angesetzt. Da aus dem Samen im Keimbett Stoffe herausdiffun-

dieren, ließ ich mit Samen und Abspülung beschickte Schalen *mehrere Tage im zerstreuten Tageslicht stehen, und nachdem das* Keimbett mit destilliertem Wasser entsprechend wieder angefeuchtet war, legte ich auf dem nicht weiter veränderten Keimbett neue Samen aus. *Die* Ergebnisse dieser Dunkelversuche seien mitgeteilt.

Versuch Nr. 7. Beginn: 8. 6. 1921. Dunkelversuch.

Substrat	13. 6.
Abspülung	10 %
H_2O-Kontrolle	32 %

Versuch Nr. 8. Das in Versuch Nr. 7 benutzte Keimbett wurde *nach erneuter Anfeuchtung noch* einmal benutzt, *in diesem* einen Falle mit je 50 Samen. Beginn: 13. 6. Dunkelversuch.

Substrat	20 6.
Abspülung	66 %
H_2O-Kontrolle	84 %

Versuch Nr. 9. Beginn: 9. 9. Dunkelversuch.

Substrat	14 9.
Abspülung	62 %
H_2O-Kontrolle	89 %

Diese drei Versuche, bei denen also Abspülung verwendet wurde, die als Keimbettflüssigkeit mit keimenden Samen mehrere Tage im zerstreuten Tageslicht gestanden hatte, gaben also sehr deutliche Ergebnisse, so daß an der Wirksamkeit der Abspülung — der belichteten Abspülung — im Dunkeln nicht gezweifelt werden kann.

In allen bisher beschriebenen Versuchen handelt es sich um Abspülung, die im hellen Lichte hergestellt und filtriert war, die also der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt gewesen war und wohl dadurch im wesentlichen erst ihre Wirksamkeit erhalten hatte.

Es war nun nötig, bei den Dunkelversuchen mit solcher Abspülung zu arbeiten, die dem Licht überhaupt nicht ausgesetzt gewesen war, die also in der Dunkelkammer hergestellt und filtriert war. *In den folgenden 4 Versuchen habe ich mit solcher Abspülung gearbeitet.*

Versuch Nr. 10. Beginn: 5. 7. 1921. Am 9. 7. ergab der Dunkelversuch 88 % Keimungen gegenüber 84 % der Wasserkontrolle und der Versuch im zerstreuten Tageslicht 3 % gegenüber 26 % der Wasserkontrolle. Im Dunkelversuch war also nicht die geringste Hemmungswirkung vorhanden.

Versuch Nr. 11. Beginn: 26. 8. (gleichzeitig mit Versuch Nr. 5). Am 31. 8. ergab der Dunkelversuch 90 % Keimungen gegenüber 78 % der Wasserkontrolle und der Versuch im zerstreuten *Tageslicht* 2 % Keimungen *gegenüber* 20 % der Wasserkontrolle.

Auch in diesem Versuch läßt die im Dunkeln hergestellte Abspülung im Dunkelversuch jede hemmende Wirkung vermissen.

Versuch Nr. 12. Beginn: 6. 9. 1921. Am 12. 9. ergab der Dunkelversuch 75 % Keimungen gegenüber 84 % der Wasserkontrolle und der Versuch im zerstreuten Tageslicht 9 % gegenüber 33 % der Kontrolle.

Versuch Nr. 13. Beginn: 21. 9. 1921. Am 24. 9. zeigte der Dunkelversuch 86 % Keimungen gegenüber 97 % der Kontrolle und der Versuch im zerstreuten Tageslicht 13 % gegenüber 55 % der Kontrolle.

Diese letzten beiden Versuche zeigen, daß der im Dunkeln hergestellten Abspülung auch im Dunkelversuch eine gewisse hemmende Wirkung zukommen kann.

Betrachten wir nun zusammenfassend die Ergebnisse unserer Versuche. Zunächst konnten wir die Feststellung von MAGNUS, *daß die Samenabspülung im zerstreuten Tageslicht eine hemmende* Wirkung auf den Keimungsvorgang ausübt, voll bestätigen, ja wir erhielten sogar erheblich schärfere Ergebnisse. Wir wollen diese zusammenstellen, und zwar in der Weise, daß im folgenden die erste Zahl das Keimprozent der auf Abspülung gekeimten Samen, die zweite Zahl das Keimprozent der Wasserkontrolle darstellt. Ob die Abspülung im Licht oder im Dunkeln hergestellt ist, macht hierbei keinen Unterschied. Es mögen nun die betreffenden Zahlenpaare folgen. **4 : 23**; **6 : 43**; **7 : 31**; **13 : 34**; **3 : 20**; **7 : 20**; **3 : 26**; **2 : 20**; **9 : 33**; **13 : 55**.

Wenn wir unsere Versuche auch noch nicht als abgeschlossen betrachten, so halten wir doch für wahrscheinlich, daß wir im

Prinzip die Wirkungsweise des Lichtes bei der Keimung von *Phacelia tanacetifolia* ermittelt haben. Wir wollen nun die Ergebnisse unserer Dunkelversuche zusammenfassen und sie mit den Versuchen im zerstreuten Tageslicht ausdeuten. Sicher nachgewiesen haben wir, daß der in Rede stehende Hemmungsstoff nicht nur im Licht wirkt, sondern auch für den Dunkelversuch wirksam gemacht werden kann, daß er also im Licht erst im wesentlichen seine große Wirksamkeit erhält und daß diese Wirksamkeit im Dunkeln erhalten bleibt. Es handelt sich also aller Wahrscheinlichkeit nach um einen lichtempfindlichen Stoff und wohl um eine sogenannte photokatalytische Reaktion, wie sie der physikalischen Chemie nicht unbekannt ist, also um eine Reaktion, die im Dunkeln nicht oder doch nur gering, im Licht dagegen sehr stark verläuft.

Die Versuchsergebnisse scheinen uns darauf hinzudeuten, daß die Reaktion in der Samenschale vielleicht besser verläuft als außerhalb derselben. Da wir auch auf Wasser im Dunkeln niemals 100 % Keimungen erhalten haben, ist es möglich, daß der in Rede stehende Stoff schon an sich eine sehr schwache Hemmungswirkung besitzt, wie wir ja auch bei zwei Versuchen mit im Dunkeln hergestellter Abspülung im Dunkelversuch geringe Hemmungen bekamen. Daß die Hemmung im zerstreuten Tageslicht absolut und relativ stärker ist, liegt wohl daran, daß im Dunkeln dauernd aus dem Samen schwach oder praktisch nicht hemmender Stoff herausdiffundiert und den von außen herangebrachten belichteten Hemmungsstoff verdrängt beziehungsweise verdünnt, so daß dessen Wirkung mehr oder weniger herabgesetzt werden muß. Andererseits wird der aus dem Samen im Hellen heraus diffundierende beziehungsweise sich lösende Stoff durch das Licht in seiner hemmenden Wirkung ganz wesentlich verstärkt bzw. erhält praktisch erst seine hemmende Wirkung, so daß er die von außen an den Samen herangebrachte belichtete Abspülung in ihrer Wirksamkeit steigert, und daß diese Abspülung vielleicht besonders unter dem Einfluß des belebenden Samens in ihrer hemmenden Wirksamkeit ebenfalls weiter gesteigert wird. Einen gewissen Einfluß bezüglich der Stärke der Hemmung scheinen auch die Feuchtigkeitsverhältnisse des Keimbetts zu haben. Auf gleichmäßige Feuchtigkeit wurde bei den einzelnen Versuchen stets geachtet. —

Ich versuchte nun noch Aufschluß darüber zu erhalten, ob der dunkelbraune in der Samenschale befindliche Farbstoff mit dem Hemmungsstoff identisch ist oder nicht. Es wurde dazu folgende Versuchsanstellung gewählt.

In fünf Petri-Schalen legte ich auf Filtrierpapier je zweieinhalb Gramm Samen aus, die ich sehr feucht hielt und fünf Tage am Nordfenster in gutem Lichte stehen ließ. Das Filtrierpapier wurde dann abgedrückt. Die ablaufende Flüssigkeit, es waren im ganzen etwa 15 ccm, war weißlich opalisierend. Von dem braunen Farbstoff war dem Augenschein nach nicht das geringste in ihr enthalten. Diese abgedrückte Flüssigkeit verwendete ich als Keimbettflüssigkeit. Das Ergebnis war folgendes: Versuch Nr. 14. Beginn: 19. 9. 1921. Am 17. 9. zeigte der Dunkelversuch 87 % Keimungen gegenüber 93 % der Kontrolle und der Versuch im zerstreuten Tageslicht 16 % gegenüber 31 % der Kontrolle. Im Dunkelversuch wurde das Keimprozent also nur wenig herabgesetzt. Im Versuch im zerstreuten Tageslicht war die Wirkung jedoch beträchtlich; das Keimprozent wurde der Kontrolle gegenüber auf die Hälfte herabgedrückt. Dieser Versuch zeigt also, daß der Hemmungsstoff mit dem in der Samenschale befindlichen dunkelbraunen Farbstoff nicht identisch ist.

Um über die chemische Natur des herausdiffundierenden Stoffes einen gewissen Aufschluß zu erhalten, legte ich die Samen auf feuchtem neutralen Lackmuspapier aus. Schon nach sehr kurzer Zeit zeigten sich unter einer Anzahl Samen deutliche blaue Flecke. Nach längerer Zeit war das ganze Lackmuspapier blau. Wie zu erwarten, zeigte auch die Abspülung eine alkalische Reaktion.

Vorliegende Arbeit wurde ausgeführt im botanischen Institut der Technischen Hochschule Braunschweig. Herrn Professor Dr. GASSNER, der meine Arbeit durch wertvolle Ratschläge förderte, sei auch an dieser Stelle herzlicher Dank gesagt.

59. K. Linsbauer: Zur Physiologie der Rankenbewegungen.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 16. Oktober 1924. Vorgetragen in der Novembersitzung.)

Trifft eine Fadenranke auf eine Stütze, die sie nicht zu umfassen vermag, so legt sie sich ihrer Kontaktreizbarkeit gemäß wohl an die Unterlage an, gleitet aber nach einiger Zeit wieder von ihr trotz fortdauernden Kontaktes ab und setzt ihre kreisende Nutation fort. Das Abheben der Ranke von der Unterlage ist, wie an anderer Stelle ausführlicher dargelegt werden soll, selbst wenigstens teilweise die Folge der fortgesetzten Nutationsbewegung; Ermüdungserscheinungen, wie sie sich bei seismonastischen Organen schon nach wenigen Reizimpulsen einstellen, kommen dabei jedenfalls nicht in Betracht. Die kreisende Nutation der Ranken ist auch für das vollständige Umfassen „passender" Stützen von wesentlicher Bedeutung, indem durch sie verschiedene Punkte der sensiblen Rankenoberfläche zum Kontakt mit der Stütze gebracht werden, so daß immer weitere Zonen gereizt und zur Einkrümmung veranlaßt werden.

Derartige Beobachtungen bestimmten mich, die kreisende Nutation der Cucurbitaceenranken einer erneuten Untersuchung zu unterziehen.

Während die älteren Physiologen die kreisende Nutation für einen autonomen Vorgang zu halten geneigt waren, betrachtet sie in jüngster Zeit GRADMANN[1]) als „Überkrümmungsbewegung", die wesentlich durch negativen Geotropismus bedingt wäre. Ich vermag dieser Deutung nicht beizupflichten. Wären die Ranken einigermaßen geotropisch, so wären bei entsprechender Versuchsanordnung Nachwirkungen eines induzierten Geotropismus zu erwarten; auch müßte die Fliehkraft die kreisende Bewegung unter Umständen beeinflussen. Beides ist jedoch, wie ich mich überzeugen konnte, nicht der Fall.

Ein eigenartiges Verhalten der Ranken von *Cyclanthera* bei einer Drehung um 180° brachte mich zu einer wesentlich anderen

1) GRADMANN, H., Die Überkrümmungsbewegungen der Ranken, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 60, 1921, S. 430 ff.

Vorstellung. Wartet man nämlich ab, bis eine etwa horizontal gestellte und etwas nach abwärts geneigte Ranke sich wieder bis zur Horizontalen oder etwas darüber hinaus gehoben hat, und wendet man sie jetzt um 180°, so senkt sie sich tief unter ihre Ausgangslage; wendet man sie nach erneutem Aufstiege abermals in der gleichen Weise, so stellt sich eine neuerliche Senkung ein. Während der Aufwärtsbewegung ist offenbar die jeweilige Unterseite biegungsfester geworden. Die scheinbar geotropische Aufrichtung könnte somit einfach nichts anderes sein als die Folge eines autotropen Krümmungsausgleiches, indem sich die ursprünglich konkave, also im Druck gespannte Seite relativ stärker verlängert, solange bis die Gegenseite zur Konkavseite wird. Diese Anschauung ist um so wahrscheinlicher, als bereits FITTING[1]) zeigte, daß die Ranken jede Art von Krümmungen, Reizkrümmungen sowohl wie aufgezwungene Krümmungen, auszugleichen streben. Ist diese Vorstellung richtig, so muß es möglich sein, eine Ranke zur Abwärtskrümmung aus einer geneigten Lage zu veranlassen, wenn man sie vorübergehend in eine solche Zwangslage bringt, daß ihre Oberseite zur Konkavseite wird.

Für das Verständnis der Rotationsbewegung der Ranken bedeutungsvoll erscheint mir ferner ihre Verknüpfung mit „echten" Torsionen. Diese bisher kaum beachteten Torsionen entziehen sich oft leicht der Beobachtung, können aber unter Umständen Winkel von über 200° erreichen. Der Sinn der Rotation wird im allgemeinen während der Rotationsbewegung dauernd beibehalten, doch kommt es während eines Umlaufes zu einer gesetzmäßigen Zu- und Abnahme des Torsionswinkels. Diese Torsionen sind nur zum Teil rein passiv, d. h. sie können durch Lageveränderungen niemals völlig ausgeglichen werden. Nach den bisher gesammelten Erfahrungen sind diese Torsionen weder autonom noch geotropisch bedingt, wie die Geotorsionen, die kürzlich RAWITSCHER an Schlingsprossen nachwies[2]). Der Sinn der Torsion scheint primär durch die jeweilige Lastverteilung bestimmt zu sein; die Zunahme des Torsionswinkels dagegen ist die Folge der in den einzelnen Rankenzonen mit verschiedener Geschwindigkeit einsetzenden Krümmungsbewegungen und ihres Ausgleiches; die in bestimmten Phasen der Rankenbahn zu beobachtende Abnahme des Torsions-

1) FITTING, H., Unters. üb. den Haptotropismus d. Ranken. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 38, 1903.

2) RAWITSCHER, F., Beiträge zum Windeproblem. Ztschr. f. Bot., Bd. 16, 1924.

winkels beruht auf einem autonomen Ausgleichsbestreben der Torsionsspannung.

Nach dieser Auffassung beruht somit die rotierende Nutation der Ranken auf dem Wechsel von Längs- und Torsionsspannungen einerseits und Spannungsausgleich andererseits; da ein restloser Ausgleich niemals erzielt wird, kommt es zur Aufrechterhaltung einer in stets gleichem Sinne fortdauernden Bewegung. Gelingt es, die Torsionsspannung in ihrer Richtung zu verkehren, so muß auch der Sinn der mit ihr verknüpften Rotationsbewegung umschlagen, ein Erfolg, den GRADMANN (l. c., S. 430 ff.) tatsächlich unter bestimmten Umständen erreichte.

Die Alterseinrollung der Ranken, die ebenso wie die Rotation nach rechts oder links herum erfolgen kann, beruht darauf, daß das Längenwachstum der Rankenunterseite früher als das der Gegenseite erlischt, wodurch der autotrope Krümmungs- und Spannungsausgleich schließlich verhindert wird. Bleibt infolge einer erhalten gebliebenen Torsion ein bestimmter Rankenteil etwa um 180° gedreht, so muß es auch bei der Alterseinkrümmung zum Auftreten von „Umkehrpunkten" kommen, auf die kürzlich SCHMUCKER[1]) die Aufmerksamkeit lenkte.

1) SCHMUCKER, TH., Rechts- und Linkstendenz bei Pfl. Beitr. z. Bot. Centrbl., Bd. 41/I, S. 77.

60. A. Weisse: Blattstellungsstudien an Hedera Helix.
I. Plagiotrope Sprosse und Sämlinge.

(Eingegangen am 21. Oktober 1924. Vorgetragen in der Novembersitzung.)

Die auffallende Heterophyllie des Efeus war schon den Alten bekannt. Sie wird zum ersten Male von THEOPHRAST (25, p. 33) [1]) in der Historia plantarum, Lib. I, Cap. X, § 1 beschrieben. Nachdem hier zuerst die Heterophyllie der Weißpappel (*λεύκη*) und des Ricinus (*κρότων*) behandelt ist, heißt es dann über die Blätter des Efeus: „*τοῦ δὲ κιττοῦ ἀνάπαλιν νέου μὲν ὄντος ἐγγωνιώτερα πρεσβυτέρου δὲ περιφερέστερα*". Es wird hier also deutlich ausgesprochen, daß die beiden Blattformen von dem Alter der Pflanze abhängen. In eingehender Weise bespricht THEOPHRAST den Efeu in Lib. III, Cap. XVIII, § 6—10 (25, p. 125—128). Er unterscheidet im § 6 drei Hauptarten des Efeus, den weißen, den schwarzen Efeu und eine dritte *ἕλιξ* genannte Form. Diese ist, wie im § 7 näher ausgeführt wird, die am meisten durch ihre kleineren und stärker gelappten Blätter, sowie die Länge der Ranken (*κλημάτων*) abweichende Form, die sodann auch dadurch ausgezeichnet sei, daß sie steril (*ἄκαρπος*) sei. Nach der Ansicht einiger sei dies aber nur eine Folge des Alters, indem der Efeu als *ἕλιξ* noch nicht in das *κιττός*-Stadium gekommen sei. Treffe dies allgemein zu, so sei die *ἕλιξ*-Form nicht als eigentliche Art (*εἶδος*) aufzufassen. Doch sei sie immerhin in ihren Blättern vom eigentlichen *κιττός* verschieden.

Auch von DIOSCORIDES (4, p. 328) wird die Dreiteilung der Hauptformen des Efeus beibehalten. Vom *ἕλιξ* führt er nur an, daß er steril sei (Materia medica, Lib. II, Cap. CCX). Die Abhängigkeit der Blattform vom Alter des Efeus wird nicht erwähnt.

PLINIUS unterscheidet eine große Zahl von Spielarten des Efeus. Er teilt Lib. XVI, Cap. LXII seiner Historia naturalis (14, II, p. 66—67) den Efeu einerseits in männlichen und weiblichen ein, andererseits übernimmt er die Dreiteilnng des THEOPHRAST. Er sagt in fast wörtlicher Übersetzung der oben zitierten Stelle „Est enim candida et nigra edera, tertiaque, quae vocatur helix . . . Plurimas autem habet differentias helix, quoniam folio maxime

---

1) Das Literaturverzeichnis wird am Schluß der II. Mitteilung erscheinen.

distat, . . . „praecipue tamen sterilitate, quoniam fructum non gignit. Quidam hoc aetatis esse, non generis, existimant: primoque helicem esse, fieri ederam vetustate". Dem fügt er hinzu: „Horum error manifestus intelligitur". PLINIUS weist also die Annahme, daß die Verschiedenheit der Blattformen vom Alter des Efeus abhänge, ausdrücklich als irrtümlich zurück.

Diese falsche Ansicht von PLINIUS ist ungeprüft in die Mehrzahl der Kräuterbücher des Mittelalters übergegangen. So teilt RUELLIUS (17, p. 170 u. 171), der die drei „genera" des DIOSCORIDES übernommen hat, für unsern gewöhnlichen blühenden Efeu, den er als „*Hedera nigra*" bezeichnet, zwar richtig mit, daß die Blattform mit dem Alter variiere. Aber er sagt über die „*Helix*", daß sie steril sei, nur „folia angulosa" besitze und nicht in blühenden Efeu übergehen könne, einen Irrtum, den schon THEOPHRAST und PLINIUS zurückgewiesen habe.

Auch in dem Kräuterbuch von FUCHS (6, p. 421 ff) finden sich dieselben Angaben. Hier sind der Beschreibung auch Abbildungen beigegeben, die die Habitusverhältnisse im ganzen richtig zur Darstellung bringen. Die Folioseite 422 stellt den blühenden Efeu, „*Hedera nigra*, Maurephew", dar. Die beiden Blattformen sind charakteristisch wiedergegeben. Auf Seite 423 ist der angeblich sterile Efeu, „*Hedera helix*, Klein Ephew", mit nur 3- und 5-lappigen kleineren Blättern abgebildet.

Ähnliche Angaben und Abbildungen finden wir bei MATTIOLI (13, p. 624—627), LOBEL (12, p. 731), in der bei ROVILLIUS anonym erschienenen Historia generalis plantarum (16, p. 1415—1421), bei TABERNAEMONTANUS (23, p. 593—595; 24, p. 1277—1278), DODONAEUS (5, p. 412—414) und ZWINGER (35, p. 244—245).

Dagegen trat schon BOCK (TRAGUS) (27, p. 801—802) der Ansicht, daß es einen sterilen Efeu gebe, offen entgegen, indem er sagt: „in nostris regionibus nullum fere inter utranque, Hederulam inquam et Hederam discrimen observari posse, nisi aetatem ipsam. Omnis namque Hedera, dum in tenera sua aetate assiduo replatu per terram vagatur, triangularis figurae foliis spectandum se praebet. Quamprimum vero arbores murosque invaserit, ilico foliorum figuram variat". Diese treffliche Darstellung des wirklichen Verhaltens hat sich von den Verfassern späterer Kräuterbücher nur JOH. BAUHIN (1, p. 112) zu eigen gemacht. Er schreibt; „Nos quoque non separamus Hederas nostras, sequenti sententiam Tragi, existimantes unum tantum genus reperiri, ratione loci, ubi crescit, et aetatis, formam mutans".

Daß die niederliegenden und aufstrebenden Sprosse des Efeus sich nicht nur durch die Gestalt, sondern auch durch die Stellung der Blätter unterscheiden, ist wohl zuerst von WYDLER (34, p. 442) richtig erkannt worden. Er weist darauf hin, daß die sterilen Zweige ihre Blätter median-distich gestellt haben, während die Sprosse in der Nähe der Infloreszenz die Laubblätter in spiraliger Anordnung mit der Divergenz $^3/_5$ tragen.

1864 wurde von BUCHENAU (2) eine grundlegende Arbeit über die Morphologie von *Hedera Helix* veröffentlicht. In neuester Zeit hat TOBLER (26) eine treffliche monographische Schrift über die Gattung *Hedera* herausgegeben.

Meine eigenen Studien verfolgen den Zweck, auf Grund entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen die Übereinstimmung der Blattstellungsverhältnisse des Efeus mit den Grundsätzen der Anschlußtheorie zu erweisen.

1. Die plagiotropen, kletternden Sprosse des Efeus sind bekanntlich in starkem Maße negativ heliotropisch. Doch ist für das Zustandekommen der Dorsiventralität, wie SACHS (18, p. 266) und CZAPEK (3, p. 259) nachgewiesen haben, bis zu einem gewissen Grade auch die Schwerkraft von Bedeutung. Die gelappte Blattform dieser Sprosse wird von SCHENCK (19, p. 94; 20, p. 182) als die phylogenetisch jüngere aus der kletternden Lebensweise zu erklären versucht. Mag dies für andere Wurzelkletterer zutreffen; für den Efeu ist diese Erklärung doch mindestens zweifelhaft, da in der Familie der Araliaceen ja auch bei den Gattungen mit aufrechtem Wuchs gelappte oder gefingerte Blätter sehr häufig sind (vgl. HARMS, 8, p. 2).

Die Blätter der plagiotropen Sprosse sind ausgesprochen schattenliebend, während die der orthotropen Sprosse stärkere Sonnenbeleuchtung verlangen. WIESNER (33, p. 138) fand, daß der Efeu um Wien und Triest bei einer Lichtintensität von $L = 1 - \frac{1}{4,5}$ blüht, daß dagegen die plagiotropen Sprosse sich schon mit einer Lichtstärke von $\frac{1}{48}$, in der Kultur sogar $\frac{1}{60}$ begnügen, wobei diejenige Lichtintensität $= 1$ gesetzt ist, die in 1 Sekunde den Normalton des BUNSEN-ROSCOEschen Normalpapiers erzeugt. Wie FURLANI (7, p. 168) für Istrien feststellte, verlangen die gelappten Blätter einen feuchten, die ungelappten einen trockenen Standort. Auch der anatomische Bau der gelappten *Hedera*-Blätter zeigt nach ihm hygrophilen, der der ungeteilten xerophilen Charakter. Im übrigen weist die Blattform sowohl an den sterilen, wie an den

fertilen Zweigen mancherlei Schwankungen auf. Auch finden sich vielfach Übergangsformen zwischen den beiden extremen. Eine größere Zahl verschiedener Blattformen hat neuerdings LÄMMERMAYR (11, p. 407) beschrieben und abgebildet, die er an wilden Efeupflanzen in Istrien beobachtete.

Die Blätter der plagiotropen Sprosse stehen stets in zweizeiliger Anordnung. Macht man im Sommer durch die Endknospe eines kletternden Zweiges Querschnitte, so trifft man in *diesen 4 bis 5 junge Blätter, die mit ihrer Basis das nächst jüngere* Blatt zu mindest $^3/_4$ umfassen. Auch das jüngste Blatt nimmt bei seinem Hervortreten mehr als die Hälfte des Scheitels ein und umschließt bereits etwa $^3/_4$ desselben, wenn das folgende Blatt hervorsprießt. So ergibt sich die zweizeilige Blattstellung in völliger Übereinstimmung mit der bekannten HOFMEISTERschen Regel (9, p. 485). In den Achseln der Blätter werden bald Axillarknospen angelegt. Sie beginnen mit einem Organ, daß man zunächst für ein adossiertes Vorblatt hielt, das aber als Verwachsungsprodukt zweier transversaler Vorblätter aufzufassen ist. Als einheitliches adossiertes Vorblatt sahen es WYDLER (34, p. 442), HOFMEISTER (9, p. 484) und SACHS (18, p. 259) an; dagegen glaubte BUCHENAU (2, Sp. 242) feststellen zu können, daß in den jüngsten Entwicklungsstadien zwei völlig getrennte Anlagen zu beobachten seien, und daß daher das fragliche Gebilde als Doppelblatt zu gelten habe. Dieser Ansicht hat sich auch R. WAGNER (28, p. 653) angeschlossen, während ITERSON (10, p. 285) es mindestens als zweifelhaft ansieht, ob das adossierte Vorblatt bei *Hedera Helix*, wie überhaupt bei den Diktotylen, ein einheitliches Gebilde sei. Die von BUCHENAU, wohl nur auf Grund von Beobachtungen mit der Lupe, aufgestellte Behauptung kann ich allerdings nicht bestätigen. Das Doppelblatt tritt vielmehr auch in den jüngsten Entwicklungsstadien als scheinbar einheitliches Gebilde auf. Erst in späteren Stadien reißt das zweikielige und in zwei Spitzen ausgehende Organ oft in der Mitte auseinander. Ich konnte aber seine Doppelnatur dadurch außer jeden Zweifel stellen, daß ich, in entsprechendem Alter, stets vor den beiden seitlichen Gefäßbündeln je eine, meist allerdings sehr klein bleibende, Axillarknospe beobachten konnte. — Das Doppelblatt funktioniert mechanisch *geradeso wie ein einheitliches adossiertes Organ, und da es etwa* $^3/_4$ des Scheitelumfanges umfaßt, ehe das nächste Blatt angelegt wird, muß dieses, meistens ein Schuppenblatt, ihm gegenüber nach vorn fallen. Es liegen hier also insofern ganz ähnliche Verhältnisse vor, wie ich sie kürzlich (32, p. 377) für *Cercidophyllum* beschrieben

habe. Da auch die folgenden Organe, gleichviel ob es Schuppen- oder Laubblätter sind, eine fast stengelumfassende Basis besitzen, muß sich auch weiterhin eine median-zweizeilige Blattstellung ergeben.

2. Die Sämlinge des Efeus sind schon von STEINHEIL (22, p 144) und BUCHENAU (2, Sp. 236) genauer beschrieben worden. Auf die beiden Kotyledonen, die lange im Samen stecken bleiben, folgen die beiden ersten Laubblätter, wie es ja für die Dikotylen die Regel ist, in rechtwinkliger Kreuzung. Wie bereits STEINHEIL (22, p. 145) richtig angibt, stehen die Keimblätter nicht genau gegenüber, sondern nach einer Seite genähert. In extremen Fällen bilden sie, wie ich beobachten konnte, einen Winkel von etwa 120°. Auf der Seite des konvexen Winkels entwickelt sich, wie gleichfalls schon STEINHEIL bemerkte, das erste Laubblatt. Es ist dies ein ähnliches Verhalten, wie es von ROSENPLENTER (15, p. 8) an einigen dikotylen Sämlingen mit spiraliger Blattstellung beobachtet wurde. Auch SACHS (18, p. 258) fand an einem Efeusämling, dessen Kotyledonen an einer Seite verwachsen waren, daß das 1. Laubblatt auf der freien Seite hervortrat. Wenn SACHS an zwei anderen Keimpflanzen, die so am Fenster standen, daß die Kotyledonen dem Fenster parallel gerichtet waren, beobachtete, daß das 1. Laubblatt auf die Schattenseite fiel, so ist dies wohl mit den Beobachtungen von STEINHEIL durch die Annahme in Einklang zu bringen, daß die Kotyledonen sich nach der Lichtseite hin etwas genähert hatten, und demnach die Schattenseite die freiere war. Meine eigenen Beobachtungen bestätigten im allgemeinen ganz die von STEINHEIL. Nur in einem Falle beobachtete ich, daß das 1. Laubblatt gerade auf der Seite hervorsproß, an der die Kotyledonen ein wenig genähert waren. Eine genauere Untersuchung zeigte, daß bei diesem Sämling die Keimblätter ziemlich beträchtlich schief inseriert waren und das 1. Laubblatt auf der tieferen Seite der Insertionslinie stand. Es hat in diesem Falle also die letztgenannte Asymmetrie für die Stellung des 1. Laubblattes den Ausschlag gegeben. Übrigens zeigte sich, daß auch in anderen Fällen sich bisweilen eine gleichsinnige schiefe Insertion mit der nicht genauen Opposition der Kotyledonen verband. Auch diese Art von Asymmetrie ist schon von ROSENPLENTER (15, p. 9) für Keimpflanzen mit spiraliger Blattstellung angegeben worden. — Da das erste Laubblatt mit seiner Basis mehr als die Hälfte des Scheitels umfaßt, ehe das zweite hervortritt, muß dieses ihm gegenüber angelegt werden. Ein gleiches gilt für die folgenden Blätter, so daß also an der Sämlingsachse, ebenso wie an den plagiotropen

Sprossen, eine zweizeilige Anordnung der Laubblätter resultiert. Aber nicht nur die Blattbasis, sondern auch die Spreite der Laubblätter des Sämlings gleicht im allgemeinen denen der kletternden Sprosse. Schon STEINHEIL (22, p. 145) gibt an, daß die primären Laubblätter dreinervig und mehr oder weniger gelappt seien, und auch ich kann nur das bestätigen, was TOBLER (26, p. 106) über ihre Spreitenform angibt; nur das 1. Blatt fand ich bisweilen fast ungelappt, wie es BUCHENAU (2, Sp. 236) für die ersten Blätter als die Regel hinstellt.

Die Sämlinge sind, wie SACHS (18, p. 258) und TOBLER (26, p. 94) genauer ausführen, anfangs orthotrop und positiv, später plagiotrop und negativ heliotropisch. Es ist von Interesse, daß diese physiologische Umstimmung auf die Blattstellung des Sämlings ohne Einfluß ist.

Mitteilungen an unsere verehrlichen Mitglieder!

1. ***Vom Jahrgang 1925 ab erscheinen die „Berichte" im eigenen Verlage der Gesellschaft. Im Buchhandel*** *ist unsere Zeitschrift nur durch die Verlagsbuchhandlung von* ***Gustav Fischer*** *in* ***Jena*** *zu beziehen.*

2. *Die* **Versendung** *der „Berichte" erfolgt vom 1. Januar 1925 ab* **nicht mehr durch das Postzeitungsamt.** *Sämtliche Mitglieder erhalten die Hefte sogleich nach Erscheinen* **als Drucksache.** *Im Jahre 1925 werden die Hefte voraussichtlich etwa an folgenden Tagen erscheinen:*

Heft	*1:*	*Am*	*26. Februar,*
„	*2:*	„	*26. März,*
„	*3:*	„	*23. April,*
„	*4:*	„	*28. Mai,*
„	*5:*	„	*25. Juni,*
„	*6:*	„	*30. Juli,*
„	*7:*	„	*15. Oktober,*
„	*8:*	„	*26. November,*
„	*9:*	„	*23. Dezember,*
„	*10:*	„	*28. Januar 1926.*

Über die Ausgabe des Generalversammlungsheftes erfolgt s. Zt. noch besondere Mitteilung.

Trifft ein Heft nicht einige Tage nach dem oben angegebenen Termin ein, so wird gebeten, **spätestens innerhalb 4 Wochen** *bei* **Herrn Dr. Tiegs,** *Berlin-Dahlem, Unter den Eichen 74,* **zu reklamieren.** *Kostenloser Ersatz kann aber nur gewährt werden, wenn ein Verschulden der Gesellschaft vorliegt.*

3. *In einem der ersten Hefte des Jahrganges 1925 soll zum ersten Mal nach längerer Zeit wieder* **ein vollständiges Mitgliederverzeichnis** *veröffentlicht werden. Damit dieses die wirklich zutreffenden Anschriften enthält,* ***bitten wir unsere sämtlichen verehrlichen Mitglieder, die beiliegende, mit Vordruck versehene Postkarte auszufüllen und möglichst umgehend an Herrn Prof. Dr. B. Leisering, Berlin NO 43, Am Friedrichshain 15, einsenden zu wollen.*** *Es wird gebeten, mit*

Rücksicht auf die grossen Kosten, die das vollständige Mitgliederverzeichnis verursacht, die für den Druck bestimmten Anschriften möglichst kurz zu fassen und nur diejenige Adresse anzugeben, die für die Zusendung der Berichte massgebend sein soll.

Der Vorstand.
I. A.: ***B. Leisering.***

Sitzung vom 27. Dezember 1924.

Vorsitzender: Herr A. ZIMMERMANN.

Der Vorsitzende verliest ein Schreiben, durch das sich Herr G. HABERLANDT für die Glückwünsche bedankt, die ihm von der Gesellschaft zu seinem 70. Geburtstage dargebracht worden sind.

Als neue Mitglieder werden vorgeschlagen:

Arrhenius, Dr. **Olaf** in **Stockholm,** Gamla Haga (durch W. BENECKE und W. MEVIUS),

Cunze, Dr. **Reinhard** in **Göttingen,** Kirchweg 1c (durch F. OLTMANNS und P. STARK),

Dieterich, Dr., Oberforstrat in **Tübingen,** Wöhrdstraße 23 (durch E. LEHMANN und E. V. GAISBERG),

Kunert, Frl. **Anneliese** in **Hamburg 26,** Wichernsweg 3 (durch R. STOPPEL und H. KLEBAHN),

Richter, Dr. **A. von,** Professor an der Universität in **Saratow** (Rußland), Pflanzenphysiolog. Laboratorium (durch S. KOSTYTSCHEW und R. KOLKWITZ).

Zu ordentlichen Mitgliedern werden ernannt die Damen und Herren:

Bierbrodt, W., Rektor in **Kamen,**

Borissow, Georg, Assistent in **Wladikawkas,**

Domontowitsch, M. K., Wissenschaftlicher Mitarbeiter in **Petrowskoje-Rasumowskoje,**

Fiebrig, Dr. **Karl,** Direktor in **Paraguay,**

Gemeinhardt, Konrad, Pharmazierat in **Berlin,**

Hosbach, Otto, stud. rer. nat. in **Münster,**

Jäger, Frl. **Maria,** stud. rer. nat. in **Münster,**

Kallenbach, Franz, Lehrer in **Darmstadt,**
Kaßmann, Frl. **Franziska,** stud. rer. nat. in **Münster,**
Kauffmann, Frl. **Katharina,** stud. rer. nat. in **Münster,**
Kerckhoff, Hermann, Apotheker in **Münster,**
Kurschat, Frl. Dr. **Margarete,** Studienreferendarin in **Halle,**
Lünschermann, Fr., Lehrer in **Kirchlinde,**
Oberreuter, Frl. **Margarete,** cand. rer. nat. in **Stuttgart,**
Rasdorsky, W., Professor in **Wladikawkas,**
Risch, Carl, Apothekenbesitzer in **Bärwalde,**
Rose, S. R., D. Sc., Professor in **Calcutta,**
Sirks, Dr. **M. J.** in **Wageningen,**
Urban, Otto, Direktor in **Osorno,**
Wartenberg, Hans, stud. rer. nat. in **Münster,**
Zāmels, Alexander, Assistent in **Riga.**

Die Wahlen von Präsidenten und Ausschußmitgliedern für das Jahr 1925 haben stattgefunden. Die eingelaufenen Briefe wurden von den Herren A. ZIMMERMANN und B. LEISERING geöffnet, sie enthielten 77 gültige Stimmzettel. Mit nur geringer Zersplitterung der Stimmen wurden mit großer Mehrheit entsprechend den Vorschlägen der Wahlkommission folgende Herren gewählt:

Zum Präsidenten: J. REINKE-Kiel.
Zum Stellvertreter des Präsidenten: G. TISCHLER-Kiel.
Zu Ausschußmitgliedern: J. BUDER - Greifswald, H. BURGEFF-Göttingen, P. CLAUSSEN - Marburg, O. RENNER - Jena, FR. WEBER - Graz, E. JAHN - Hann.-Münden, F. KNOLL - Prag, W. RUHLAND-Leipzig, S. V. SIMON-Bonn, HUBERT WINKLER-Breslau, J. ABROMEIT - Königsberg, H. BACHMANN - Luzern, A. SPERLICH-Innsbruck, H. SCHRÖDER-Hohenheim, G. BLUM-Freiburg (Schweiz).

Herr H. KNIEP demonstrierte Bastard-Kopulationen verschiedener Ustilagineen-Arten (*Ustilago Cardui* × *Ust. violacea, Ust. vinosa* × *Ust. violacea, Ust. Cardui* × *Ust. vinosa*).

Mitteilungen.

61. W. G. Alexandrov: Über die Änderungen in dem Charakter des Schwammparenchyms des Blattes unter der Einwirkung der ableitenden Ströme.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 16. August 1924. Vorgetragen in der Oktobersitzung.)

Quantitative Änderungen in der Blattstruktur, die durch verschiedene innere und äußere Ursachen während des Lebens eines vegetabilischen Organismus hervorgerufen werden, können ganz genau festgestellt werden, und sie können beim Studium der Tätigkeit eines der beliebigen Faktoren, durch welche das Wachstum der Pflanze bedingt ist, als Kontrolle dienen. Als Objekt dieser Berechnung wurden fast immer bestimmte Änderungen in der Epidermis gewählt. Als SALENSKY (1) den Charakter des Variierens der Zahl und der Dimensionen der Spaltöffnungen und epidermalen Zellen des Blattes je nach dessen Ortslage an der Pflanze und den ökologischen Bedingungen untersuchte, hat er als erster bestimmt, in welchem Maße sich die Zahl und die Dimension der Elemente des unter der oberen Epidermis liegenden Palisadengewebes und die Länge der Fasern parallel den quantitativen Änderungen in der Epidermis ändern. SALENSKY hat den vollen Parallelismus in den Änderungen aller Blattgewebe bewiesen. Das lockere Gewebe, das hinter der unteren Epidermis liegt, hat SALENSKY nicht untersucht.

Die Eigentümlichkeiten der Blattstruktur kann man beurteilen durch Messung des Anteiles von jedem der anatomischen Elemente, durch dessen Zählung auf einer Einheitsfläche und durch Feststellung der Durchschnittszahlen.

Es ist bekannt, daß bei den Mesophyten, hauptsächlich den schattigen Formen, das sich dicht an die untere Blattepidermis anschließende Mesophyll selten aus abgerundeten Zellen besteht. Die Zellen zeichnen sich durch eigentümliche Vorsprünge aus, zwischen welchen zahlreiche Interzellularen höchst verschiedenartiger Größe und Umrisse entstehen. Daher gelingt es nicht, die reelle Größe der Zellen und Interzellularen des lockeren Gewebes mit

einer Zahl, wenn auch einer Durchschnittszahl von mehreren Messungen, vollständig auszudrücken.

Für die *quantitativen* Untersuchungen der Größenänderungen der Elemente des lockeren Blattparenchyms fanden wir eine Variation der Methode brauchbar, welche SALENSKY beim Studium der Abhängigkeit der Adernlänge von verschiedenen Bedingungen anwendete. SALENSKY zeichnete die Adern der durch Chloralhydrat aufgehellten Blattstücke mit Hilfe eines Zeichenapparats und führte einen Kurvimeter um die Abbildung des Adernnetzes auf dem Papier. Die Mesophyllschichten, die unter der unteren Epidermis liegen, *lassen sich auch sehr leicht bei aufgehellten* Blattstückchen zeichnen. Auf der Zeichnung erhält man sowohl Zellen als auch Interzellularen. Dann, nachdem man einzeln sowohl um diese als auch um die anderen einen Planimeter herumgeführt hat, läßt sich deren Fläche bestimmen, d. h. genauer die Flächen der optischen Schnitte. Wenn man bei derselben Vergrößerung irgendeine Figur bestimmter Fläche zeichnet, so kann man die Flächen der optischen Schnitte bestimmen.

Wir verfuhren folgendermaßen: *Aus dem Blatte schnitten* wir mit einem Korkbohrer neben der Mittelrippe in der Mitte der Blattfläche ein Scheibchen von 4 mm Durchmesser aus. Die Scheibchen wurden in Chloralhydrat erhellt. Dann wurde der optische Schnitt des lockeren Mesophylls, das sich an die untere Epidermis anschließt, mit dem ABBEschen Zeichenapparat (Objektiv Nr. 7 und Okular Nr. 3 von REICHERT) gezeichnet. Bei gleicher Vergrößerung wurde aus der Zählkammer THOMA-ZEISS ein Quadrat gezeichnet, dessen Seite 100 μ und Fläche 10000 μ^2 gleich ist. Um die Zeichnungen führten wir den Planimeter herum: einzeln je 6 Zellen und je 6 Interzellularen für jedes Blattstück. Die Division der erhaltenen Ziffern durch die Ablesung beim Umfahren des Quadrats gibt die Größe der Fläche von 6 Zellen und 6 Interzellularen. *Die Ziffern in den Tabellen sind in Hundertmikronen* (qdr.) vorgeführt, damit die Zahlen nicht zu unbequem werden.

Für unsere Versuche wurde *Bryonia dioica* ausgewählt, die im Tifliser Botanischen Garten wächst. Die ableitenden Ströme können sowohl durch die Blätter an der gleichen Achse hervorgerufen werden, als durch die Blätter an den Zweigen, welche aus der Achsel des Probeblattes hervorgehen. Die Realität der plastischen Einwirkung ableitender Ströme durch die Blätter am unverzweigten Stengel ist von W. und O. ALEXANDROV und A. TIMOFEEV (2) bewiesen worden. Die Aufgabe unserer weiteren Untersuchungen besteht darin, die formative Wirkung der ableitenden

Ströme festzustellen, welche durch die Blätter eines in der Achsel des Versuchsblattes entspringenden Zweiges hervorgerufen werden.

Im Garten kann man verzweigte und nichtverzweigte Exemplare der *Bryonia* finden. Im tiefen Schatten entwickeln sich zweiglose, auf besonnten Stellen aber stark verzweigte Formen. Für unsere Untersuchung wählten wir drei Pflanzen. Das Resultat wird in der Tabelle vorgeführt.

Das Material von der Pflanze Nr. 1 ist im Jahre 1923 am 14. Juni im tiefen Schatten gepflückt. Die Pflanze ist vor Sonnenstrahlen durch eine große Himalajazeder geschützt. Die Zweige an der Pflanze entwickelten sich nicht, ihre Länge ist unbedeutend, es entfalteten sich nur 17 Blätter. Alle Blätter blieben gut erhalten, außer der 12. Etage (die Aufzählung der Etagen der Blätter beginnt von dem Grunde des Stengels) Beim Studium der Blattstruktur überzeugten wir uns, daß das Gewebe unter b e i d e n Epidermen der unteren Blätter bis zur 7. Etage die gleiche Struktur hat; die Zellen sowohl von unterer als auch oberer Seite sind rundlich. Das lockere Gewebe mit verästelten Zellen ist in allen darüberliegenden Blättern vorhanden. Die Auswölbungen gehen auch in den Zellen der oberen Blätter der mesomorphen Formen, welche sich im Lichte, z. B. bei der Sonnenblume entwickeln, verloren, während die Zellen der tieferliegenden mit solchen versehen sind. Verschiedene Ursachen führen wenigstens äußerlich scheinbar gleiche morphologische Änderungen herbei. Vielleicht stellen die unteren Blätter unseres Exemplares bis zur 7. Etage einigermaßen eine Wiederholung vereinfachter, den Kotyledonen (Keimblättern) eigener Organisation vor. Ueberhaupt sind die unteren Blätter jeder Pfanze immer etwas einfacher gebaut, als die Blätter der oberen Zone des Stengels, und der Habitus sowohl dieser als jener ist manchmal scharf verschieden. Bei *Atriplex hortense* z. B. sind die Blätter vom Grunde des Stengels bis zur 6.—7. Etage ganz anderer Konstruktion (qualitative Heteromorphie) und von anderem Habitus, als die obengelegenen. Die Blätter der unteren Zone des Stengels von *Bryonia* gehen während des Lebens der Pflanze früh verloren. So war es schon Mitte Juni schwer, im Garten Exemplare von *Bryonia* mit erhaltenen unteren Blättern zu finden. Solche waren nur bei stark beschatteten Pflanzen anzutreffen. Es ist möglich, daß eine der Ursachen für den Unterschied in der Struktur der Blätter der unteren Zone im Vergleich mit den oberen große Unterschiede in ihrer Wasserversorgung, d. h. in der Entwicklung und Struktur des wasserleitenden Systems, sind.

Kehren wir zur Betrachtung der Tabelle zurück. Für jede

Pflanze werden in der Tabelle 3 Zifferspalten vorgeführt. Die erste Spalte gibt die Etagen der Blätter an, gerechnet vom Grunde des Stengels, die zweite die Fläche des optischen Schnittes von 6 Zellen des lockeren Parenchyms in Hunderten von Mikronen, die dritte die Fläche des optischen Schnittes von 6 Interzellularen desselben Gewebes.

Tab.: Fläche des optischen Schnittes der Zellen und Interzellularen des lockeren Parenchyms der Blätter von *Bryonia dioica*. $\frac{\text{qmkr}}{100}$.

Nr. 1 zweiglos			Nr. 2 mit Zweigen			Nr. 3 mit Zweigen		
Et.	Zellen	Interzellular.	Et	Zellen	Interzellular.	Et.	Zellen	Interzellular.
7	98	61	6	79	39	*7	98	65
8	68	80	8	41	36	*11	109	53
9	89	83	11	39	22	14	89	44
10	100	79	14	63	27	*16	99	93
11	56	36	*17	76	63	17	53	49
13	39	22	18	65	28	19	50	39
14	63	39	21	52	30	30	86	52
15	55	29	22	47	21	*32	138	73
			24	64	38	*35	113	80
			27	59	24	37	46	22
			29	69	35	40	79	35
			33	48	21	42	53	36

Bemerkung zu der Tabelle: Aus der Achsel der Blätter, die mit dem Zeichen * angegeben, sind bei den Formen mit Zweigen keine Zweige gewachsen.

Die zweiglose Pflanze Nr. 1 hat sehr große Zellen und Interzellularen in den Blättern der unteren Zone des Stengels und kleine in den oberen. Das Blatt der 13. Etage verdirbt ein wenig die Ebenmäßigkeit des Bildes. Vielleicht begann in seiner Achsel ein Zweiglein sich zu entwickeln, das bald vertrocknete. Während des Sammelns des Untersuchungsmaterials war es nicht da. Die Pflanzen Nr. 2 und Nr. 3 (die Scheibchen sind ihnen am 4. Juli entnommen) haben Zweige, sie wuchsen in bedeutend erhellteren Stellen des Gartens, als die Pflanze Nr. 1; es waren gut entwickelte Pflanzen, die eine Länge bis 5 m erreicht hatten. Die Blätter waren vollständig gesund entwickelt, von Raupen oder Parasiten unbeschädigt. Die Pflanze Nr. 2 hatte Zweige in der Achsel aller Blätter, außer in der 17. Etage. Der Zweig dieser Etage hatte sich aus irgendwelchem Grunde nicht entwickelt. Und wir sehen,

daß die anatomischen Elemente des Blattes von der 17. Etage der Größe nach sich scharf von den Elementen anderor Blätter unterscheiden, welche durchschnittlich untereinander gleich sind; insbesondere ist das deutlich in bezug auf die Interzellularen, wie das aus der Tabelle ersichtlich ist. Der Ausfall ableitender Ströme von einem Seitenzweig ermöglicht den anatomischen Elementen des Blattes, sich freier auszubilden. Noch schärfer zeigte sich diese Erscheinung an der Pflanze Nr. 3, an welcher einige Zweige sich nicht entwickelt haben, und zwar die 7., 11., 16., 32., 35. Etage (zweiglose Blätter sind in der Tabelle mit einem Stern bezeichnet).

Also jedesmal, wenn irgendwelche Ursachen die Entwicklung eines Zweiges in der Achsel des Blattes verhindern, unterscheidet sich die Struktur des Blattes quantitativ ganz bestimmt von den Nachbarblättern, von deren Achsel ein Zweig ausgeht: es findet ein energisches Breiten-Wachstum der anatomischen Elemente des Blattes durch die Beseitigung der bedrückenden Wirkung der ableitenden Ströme statt, was die Folge der Tätigkeit der Zweigblätter ist. Eine sehr bequeme Methode für die Registrierung der quantitativen Änderungen in der Struktur des Blattes ist die Messung der Größe der Zellen und Interzellularen des lockeren Parenchyms, das sich an die untere Epidermis des Blattes anschließt. Das lockere Parenchym mit den Zellen, die mit den Ausläufern versehen sind, ist außergewöhnlich plastisch. Wahrscheinlich ist es infolge der zahlreichen kolossalen Interzellularen zwischen seinen Zellen das plastischste Blattgewebe; die Zellen sind geschlängelt und erreichen auch bedeutende Größe. Dabei muß man bedenken, daß die Rolle der Interzellularen viel verschiedenartiger und bedeutender ist, als bis jetzt bekannt. In der Summe stellen also die Interzellularen und Zellen des lockeren Parenchyms von einem mesomorphen Blatte ein System dar, welches eine genaue Kontrolle zuläßt und ein sehr empfindliches System ist bezüglich der Änderungen in den Lebensbedingungen des Blattes, z. B. in seiner Wasserversorgung.

Wir wollen den Inhalt unserer Arbeit zusammenfassen:

Drei Exemplare von *Bryonia dioica* aus dem Tifliser Botanischen Garten werden darauf hin untersucht, wie die innere Blattstruktur einer Pflanze sich ändert, wenn die ableitenden Ströme wegfallen, die durch die Tätigkeit der Blätter an einem in der Blattachsel *entspringenden Zweige entstehen. Die Bestimmung* der Fläche von dem optischen Schnitte der Elemente des lockeren Parenchyms der Blätter zeigte, daß Abwesenheit des Zweiges in der Achsel des Blattes von starkem Wachstum der Zellen begleitet wird und

dadurch die Dimensionen der Interzellularen vergrößert werden im Vergleich mit den Nachbarblättern, in deren Achsel sich Zweige befinden.

Die Arbeit ist in dem Physiologischen Laboratorium des Tifliser Botanischen Gartens ausgeführt. August 1923.

Literatur.

1. W. SALENSKY. Materialien zur quantitativen Anatomie verschiedener Blätter ein und derselben Pflanzen. Mitteil. d. Polytechn. Institutes 1904. Kiew (russ.).
2. W. ALEXANDROV, O. ALEXANDROVA u. A. TIMOFEEV. Wasserversorgung der Blätter und ihre Struktur. Memoiren der wissensch. techn. Abteil. des Botan. Gartens Tiflis. 1921. Lief. 2 (russ. mit deutschem Resumee).

---

62. Th. M. Porodko: Über den Diageotropismus der Hauptwurzeln bei Maiskeimlingen. I.

(Mit 1 Abbildung im Text)

(Eingegangen am 5. Oktober 1924. Vorgetragen in der Novembersitzung.)

Anläßlich einer Untersuchung über geotropische Stimmungsänderung der in verschiedenen Medien kultivierten Keimwurzeln fiel mir das sonderbare Verhalten der Hauptwurzeln bei Maiskeimlingen auf (Sorte „Gruschewka" der hiesigen landwirtschaftlichen Selektionsstation). Die Wurzeln wuchsen, anstatt sich lotrecht abwärts zu senken, schräg, wobei ihre Abweichungswinkel je nach der Orientierung der betr. Samen im Raum erheblich variierten.

Diese Anomalie ist in der Literatur, soweit ich feststellen konnte[1]), *bisher nicht beschrieben worden, was umso erstaunlicher* ist, als das geotropische Verhalten gerade der Maiswurzeln von so hervorragenden Experimentatoren untersucht wurde wie von SACHS[2]) und WIESNER[3]). Dieses legte die Vermutung nahe, die

1) W. PFEFFER, Pflanzenphysiologie, II Aufl. (1904), Bd. 2, pp. 561–572, 609–619, 673–675. — D. NELUBOV, Mém. de l'Acad. d. Sc. de St. Pétersbourg, VIII Série, Classe phys. mathém. vol 32 N. 3 (1914). pp. 104–124. — W. BENECKE und L. JOST, Pflanzenphysiologie, IV. Aufl. (1923), Bd. 2, pp. 252–296.

2) J. SACHS, Arb. Botan. Inst. Würzburg, 1874, Bd. 1, p. 385.

3) J. WIESNER, Sitzungsber. Wiener Akad. Math.-Naturwiss. Kl 1884 Bd. 89, I. Abt., p. 223.

in Rede stehende Anomalie sei entweder bloß einigen Maissorten eigen oder trete bloß unter besonderen Bedingungen in Erscheinung.

Zuerst bezweckten meine Untersuchungen nur eine Nachprüfung dieser Vermutungen, dann aber erweiterten sie sich mit der Zeit zu einem systematischen Studium der ganzen Frage. Vorliegende Mitteilung soll nun über die bisher gewonnenen Resultate berichten.

I. Zusammenhang zwischen Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln bei Gruschewkakeimlingen und Raumorientierung der betr. Samenkeime.

Methodisches.

Die Samen wurden unmittelbar einem 1—2 Jahre alten Maiskolben entnommen, und zwar seinem mittleren Teile. Das Aufquellen der Samen geschah im Leitungswasser so, daß sich eine ca. 1 cm hohe Schicht über den Samen bildete. Das Aufquellen erfolgte in diffusem Tageslicht und dauerte in der Regel 24 Stunden. Die aufgequollenen Samen wurden in mäßig feuchte, locker gelagerte Sägespäne gepflanzt und mit einer ca. 1—2 cm hohen Schicht von ebensolchen Sägespänen bedeckt. Die Keimung ging in zylindrischen Glasgefäßen vor sich (Höhe und Durchmesser je 10—12 cm); in jedem Gefäße konnten etwa 25—35 Samen gleichzeitig keimen. Nach dem Einpflanzen der Samen wurden die obigen Gefäße mit Glasdeckeln bedeckt und in einem dunklen, gut durchlüfteten, gasfreien Raume stehen gelassen. Die Keimung der Samen dauerte je nach der Temperatur von 48 bis 96 Stunden und wurde in der Regel erst dann abgebrochen, als die Länge der Hauptwurzeln ca. 30—50 cm betrug. Die Temperatur im Versuchszimmer schwankte von 20° bis 25° C.

Um die Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln zu bestimmen, verfuhr ich folgendermaßen. Nach Entfernung der die Samen bedeckenden Sägespäne zog ich jeden Keimling mittels einer Pinzette vorsichtig heraus und steckte eine 7 cm lange Nadel in das Endosperm so hinein, daß die Richtung derselben mit der Lotlinie zu den keimenden (d. h. noch nicht herausgezogenen) Samen koinzidierte. Hiernach maß ich den Abweichungswinkel der Wurzel von der so markierten Lotlinie mittels eines auf einer Glimmerplatte angefertigten Transporteurs. Die Winkelausmessung wurde mit einer Genauigkeit bis zu 5° ausgeführt. Das geschilderte Verfahren erwies sich dank seiner Schnelligkeit als besonders geeignet zu einer Untersuchung vieler Wurzeln. Dem Verfahren haftet freilich eine gewisse Willkür an, die durch relativ grobes Mar-

kieren der Lotlinie entstehen dürfte. Immerhin zeigten die Kontrollversuche, daß der dadurch verursachte Fehler nicht 5° übersteigt. Bei der Kontrolle nämlich wurden die Keimlinge automatisch herausgezogen, und zwar unter Zuhilfenahme einer speziellen Pinzette, die in vertikaler Richtung mittels Zahn und Trieb verschiebbar war. *Das an der Pinzette befestigte Bleilot zeigte die vertikale* Richtung, so daß der Abweichungswinkel der Wurzel von derselben genau ausgemessen werden konnte.

In den *Fällen*, wo *die Wurzel in mehreren* (2—3) sukzessiv sich ändernden Richtungen wuchs, maß ich den Abweichungswinkel von der Lotlinie bei jedem verschiedentlich gerichteten Teil der Wurzel aus.

Nachdem die Wachstumsrichtung der Hauptwurzel bestimmt war, maß ich deren Länge mittels eines Millimetermaßes. War die Wurzel gekrümmt, so wurde die Länge aller verschiedentlich gerichteten Teile einzeln gemessen.

In Anbetracht der Schwankungen im geotropischen Verhalten einzelner Wurzeln war es entschieden notwendig, mit vielen Keimlingen zu experimentieren. Freilich stellte ich den konkreten Versuch nur mit 20—30 Samen an, wiederholte ihn aber immer mehrmals. Die geotropische Variabilität der Hauptwurzeln trat in zweierlei Form in Erscheinung. Ein Teil der Wurzeln wuchs fast *kerzengerade, so daß bloß die Abweichungswinkel untereinander* variierten. Ein anderer Teil der Wurzeln bildete dagegen mehr oder weniger verwickelte Krümmungen. Hier änderte also jede einzelne Wurzel ihre Wachstumsrichtung sukzessive mehrmals (in der Regel 2—3 mal). Um die Wachstumsrichtung solcher Wurzel kurz zu charakterisieren, hatte ich deren mittleren Abweichungswinkel zu berechnen. Es wäre gewiß verfehlt, den genannten Winkel allein aus den Abweichungswinkeln der einzelnen Wurzel*teile zu berechnen*, denn die Länge dieser Teile und somit die Dauer ihres Aufenthaltes in den betr. Richtungen variierte erheblich. Infolgedessen zog ich auch die zweite Variable zur Berechnung heran, und zwar entsprechend der Formel: $M = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + \cdots}{l_1 + l_2 + \cdots}$, wo M — den gesuchten Abweichungswinkel der ganzen Wurzel, m_1, m_2 bzw. l_1, l_2 — die Abweichungswinkel bzw. Länge der verschiedentlich gerichteten Wurzelteile bedeutet.

Nachdem die Abweichungswinkel der sämtlichen Wurzeln eines Versuches teils direkt, teils mathematisch ermittelt wurden, trat ich an die statistische Bearbeitung des gesammelten Materials

heran. Dieselbe bestand in der Berechnung 1. des mittleren Abweichungswinkels (M) der Wurzeln im gegebenen Versuch und 2. des betr. mittleren Fehlers (m) und wurde in üblicher Weise ausgeführt.

Ergebnisse.

Um den Zusammenhang zwischen der Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln und der Raumorientierung der Samenkeime klar zulegen, stellte ich 32 Versuche an, wobei 680 Wurzeln untersucht wurden. Das Einpflanzen der Samen geschah hier derart, daß den Keimen je eine der folgenden 5 Lagen im Raum gegeben wurde: die Radicula lotrecht abwärts oder aufwärts; die Radicula horizontal, wobei der ganze Keim seitwärts, abwärts oder aufwärts gerichtet wurde. Weiter bezeichne ich diese Lagen kurz so: aufrecht normal, aufrecht invers, seitwärts, flach normal, flach invers. Bei jedem Versuch ermittelte ich den mittleren Abweichungswinkel (M) der Hauptwurzeln von der Lotlinie und dessen mittleren Fehler (m). Diese Ergebnisse der einzelnen Versuche summierte ich dann nach der Formel:

$$M_g \pm m_g = (M_1 \pm m_1) + (M_2 \pm m_2) + \cdots + (M_n \pm m_n) =$$
$$= \frac{M_1 + M_2 + \cdots + M_n}{n} \pm \frac{\sqrt{m_1^2 + m_2^2 + \cdots + m_n^2}}{n},$$ wo n die Zahl der zu summierenden Versuche bedeutet.

Die Ergebnisse diesbezüglicher Versuche seien nun tabellarisch angeführt.

Tabelle I.

Die Radicula ist aufrecht normal orientiert.

Nr. der Versuche	M	m	$M_g \pm m_g$
1	7,3	2,4	
2	13,0	2,9	
3	14,74	2,44	
4	20,31	3,44	
5	16,64	3,51	15,66° ± 0,99°.
6	5,97	1,03	
7	28,76	2,1	
8	20,8	4,38	
9	13,38	3,14	

Tabelle II.
Die Radicula ist aufrecht invers orientiert.

Nr. der Versuche	M	m	Mg ± mg
1	61,40	3,69	
2	61,35	3,27	
3	64,54	2,75	
4	67,78	5,15	
5	69,10	4,70	67,15° ± 1,27°.
6	70,30	4,40	
7	66,70	4,45	
8	69,32	3,96	
9	71,88	3,55	
10	69,15	3,77	

Tabelle III.
Die Radicula ist horizontal seitwärts orientiert.

Nr. der Versuche	M	m	Mg ± mg
1	54,41	2,16	
2	55,70	3,06	49,87° ± 1,38°.
3	42,87	2,82	
4	46,50	2,90	

Tabelle IV.
Die Radicula ist flach normal orientiert.

Nr. der Versuche	M	m	Mg ± mg
1	33,67	4,27	
2	61,60	4,00	44,27° ± 2,01°.
3	36,42	3,34	
4	45,40	4,35	

Tabelle V.
Die Radicula ist flach invers orientiert.

Nr. der Versuche	M	m	Mg ± mg
1	35,33	3,64	
2	46,05	2,76	
3	39,30	3,50	41,26° ± 1,41°.
4	40,00	3,02	
5	45,63	2,79	

Aus den angeführten Tabellen ist ersichtlich, daß jeder der untersuchten Raumorientierungen der Samenkeime eine charakteristische Wachstumsrichtung der betr. Hauptwurzeln entspricht. Um die Zuverlässigkeit der so konstatierten Unterschiede abzuschätzen, benutzte ich die Formel:

$(M_{g1} \pm m_{g1}) - (M_{g2} \pm m_{g2}) = M_{g1} - M_{g2} \pm \sqrt{m_{g1}^2 + m_{g2}^2}$, wobei als sichergestellt nur der Unterschied angesehen wurde, der mindestens 3 mal größer war als der betr. mittlere Fehler.

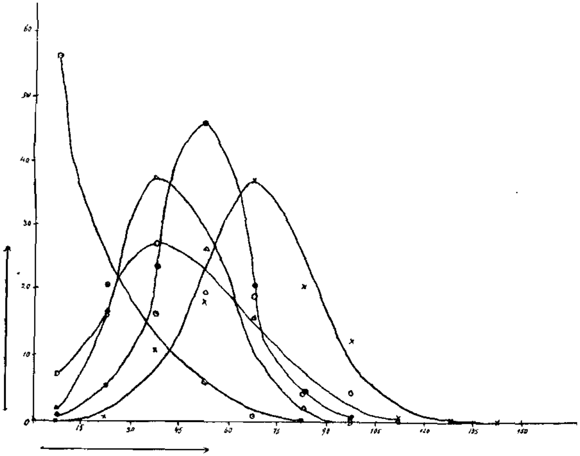


Abb. 1

Als völlig zuverlässig erwiesen sich dabei die Unterschiede zwischen den beiden vertikalen Lagen, ebenso wie zwischen diesen und den übrigen 3 horizontalen Lagen. Was nun die letzteren anbetrifft, so sind hingegen ihre gegenseitigen Unterschiede unsicher. Dies begreift man leicht, wenn man den radiären Bau der Hauptwurzel und die gleiche Intensität der geotropischen Reizung in allen horizontalen Lagen der Radicula berücksichtigt. Wir gelangen somit zum Schluß, daß die Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln bei Gruschewkakeimlingen, im Gegensatz zu der allgemein angenommenen Lehre, niemals mit der Lotlinie koinzidiert, sondern je nach der Raumorientierung der Samenkeime verschieden

sein kann. Zur Zeit liegt noch nicht die Möglichkeit vor, die funktionelle Abhängigkeit der obenerwähnten Variabeln genau zu formulieren. Die von mir ermittelten 3 Paar korrespondierenden Werte sind offenbar dazu nicht genügend.

Die in obigen Tabellen angeführten mittleren Abweichungswinkel charakterisieren gut das jeweilige mittlere geotropische Verhalten eines Kollektivs von Hauptwurzeln. Es fragt sich nunmehr aber, wie groß individuelle Abweichungen einzelner Wurzeln von dieser Norm sind. Die Antwort auf diese Frage geben die Variationsreihen, welche in der Tabelle VI angeführt sind, und die Variationskurven, welche auf Abbildung 1 dargestellt sind. Um eine Variationsreihe zu erhalten, verteilte ich sämtliche bei der gleichen Orientierung der Samenkeime beobachteten Abweichungswinkel in Klassen, die je 15° umfaßten, und zählte dann die betr. Häufigkeiten der abgewichenen Wurzeln. Die Variationskurve ergab sich hieraus von selbst, sobald die Klassen auf der Abszissenachse, die betr. Häufigkeiten (der Vergleichbarkeit halber in Prozente umgerechnet) auf der Ordinatenachse abgetragen wurden.

Tabelle VI.

Die Lage der Samenkeime im Raume	Zahl der untersuchten Wurzeln	Klassen	Prozentsatz der abgewichenen Wurzeln	Bezeichnung der entsprechenden Kurve auf Abbildung 1.
Aufrecht normal	197	0—15	56,34	○
		15—30	20,81	
		30—45	16,25	
		45—60	6,09	
		60—75	0,51	
Aufrecht invers	195	0—15	0	×
		15—30	0,51	
		30—45	10,77	
		45—60	17,96	
		60—75	36,92	
		75—90	20,51	
		90—105	12,31	
		105—120	0,51	
		120—135	0,51	
Seitwärts	89	0—15	1,1	●
		15—30	5,6	
		30—45	23,61	
		45—60	46,08	
		60—75	19,13	
		75—90	4,4	

Die Lage der Samenkeime im Raume	Zahl der untersuchten Wurzeln	Klassen	Prozentsatz der abgewichenen Wurzeln	Bezeichnung der entsprechenden Kurve auf Abbildung 1.
Flach normal	92	0 - 15	7,61	○
		15 — 30	16,30	
		30 — 45	27,17	
		45 — 60	19,56	
		60 — 75	20,65	
		75 — 90	4,34	
		90 - 105	4,35	
Flach invers	107	0 — 15	1,87	△
		15 - 30	16,82	
		30 - 45	37,39	
		45 — 60	26,16	
		60 — 75	15,88	
		75 — 90	1,86	

Sowohl aus den Daten der Tabelle VI, wie aus den Verteilungskurven der Abb. 1 kann man leicht ersehen, daß die Unterschiede in der Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln bei 3 Hauptorientierungen (0°, 90°, 180°) ganz klar hervortreten, bei den 3 *horizontalen Orientierungen dagegen sich ziemlich verwischen.* Außerdem ist durchweg klar, daß der Spielraum der individuellen Abweichungen bei den Hauptwurzeln vom jeweiligen mittleren geotropischen Verhalten ein recht bedeutender ist; daher ist das Experimentieren mit vielen Exemplaren unbedingt notwendig. Die erhaltenen Verteilungskurven ließen sich unschwer einer mathematischen Bearbeitung, z. B. nach der Methode von K. PEARSON oder BRUNS, unterziehen und so durch empirische Formeln beschreiben[1]). Vorläufig habe ich aber von diesem Unternehmen Abstand genommen, weil das gesammelte Material mir dazu noch immer unzureichend erscheint.

1) L. K. LACHTIN, Die Verteilungskurven und Konstruktion ihrer Interpolationsformeln nach der Methode von PEARSON und BRUNS. Moskau 1922 (Russisch).

63. Th. M. Porodko: Über den Diageotropismus der Hauptwurzeln bei Maiskeimlingen. II.

(Eingegangen am 5. Oktober 1924. Vorgetragen in der Novembersitzung.)

II. Einfluß verschiedener Bedingungen auf die anomale Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln bei Gruschewkakeimlingen.

Das Versuchsverfahren bei dieser Serie zeichnete sich von dem typischen oben beschriebenen in irgendeiner Hinsicht aus, und zwar entweder nach der Qualität des Samenmaterials oder nach irgendeiner Änderung bei den Bedingungen des Aufquellens oder Keimens der Samen. Die in dieser Richtung gewonnenen Resultate sind in der Tabelle VII angeführt.

Tabelle VII.

Die Veränderung in dem typischen Versuchsverfahren	Die Lage der Samenkeime im Raume	M ± m	Anmerkungen
Samen 9tägig	Aufrecht invers	62,85° ± 3,61°	
„ 1jährig	„ „	67,78° ± 5,15°	
„ 2jährig	„ „	61,4° ± 3,69°	
„ 3jährig	„ „	74,54° ± 3,04°	
Samen aus den 3 äußersten	Aufrecht normal	30,84° ± 3,05°	Mittel aus je 2
basalen Kolbenreihen	Aufrecht invers	55,55° ± 2,91°	Versuchen.
Dauer des Aufquellens der Samen — 117 Stunden	„ „	71,0° ± 4,57°	Eine Hälfte der eingepflanzten Samen ist ungekeimt geblieben.
Aufquellen der Samen im	Aufrecht normal	16,64° ± 3,51°	
Dunkeln	Aufrecht invers	61,35° ± 3,27°	
Samenkeimung in reinem	Aufrecht normal	13,0° ± 2,9°	
mäßig feuchtem Quarzsande	Aufrecht invers	68,3° ± 4,27°	
Samenkeimung in etwas trockenen Sägespänen	„ „	50,19° ± 2,19°	Mittel aus 2 Versuchen.
Samenkeimung in nassen Sägespänen	„ „	66,07° ± 2,73°	Mittel aus 2 Versuchen.
Die Schicht von Sägespänen über den Samen:			
0,5—1 cm dick	„ „	69,32° ± 3,96°	
2—3 „ „	„ „	69,15° ± 3,77°	
9 „ „	„ „	71,88° ± 3,55°	

Die Veränderung in dem typischen Versuchsverfahren	Die Lage der Samenkeime im Raume	M ± m	Anmerkungen
Versuchstemperatur 19°–20° C	Aufrecht invers	53.8° ± 5,44°	
Versuchstemperatur 13°–14° C	„ „	58.1° ± 3.3°	
Keimung in diffusem Tageslicht (ohne Sägespäne über den Samen)	„ „	26.1° ± 1,82°	Mittel aus 2 Versuchen.
Keimung b. erhöhter Aëration	Aufrecht normal	18,75° ± 2,55°	Die Sägespäne *befanden sich in* einem Körbchen aus Drahtnetz.
Keimung bei erniedrigter Aëration	„ „	19.0° ± 4,35°	Die Sägespäne befanden sich im Glasgefäß mit gut eingeschliffenem Deckel.

Vergleichen wir nun die Ergebnisse der Tabelle VII mit denen der Tabellen I und II, so sehen wir sofort, daß die Mehrzahl der untersuchten Modifikationen in der typischen Versuchsanstellung die anomale Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln auf keinerlei Weise zu beeinflussen vermag.

Demgegenüber rufen folgende 4 Bedingungen gewisse freilich quantitative Änderungen an der in Frage kommenden Anomalie hervor. 1. Die Lokalisation der Samen am Maiskolben übt einen ziemlich verwickelten Einfluß aus, weil der typische mittlere Abweichungswinkel je nach der Keimlage bald größer, bald kleiner wird. 2. Sind die Sägespäne unzureichend befeuchtet, so wachsen die Hauptwurzeln der aufrecht invers gepflanzten Samen weiter unter einem verminderten Abweichungswinkel. 3. und 4. Gleiches beobachtet man bei der Temperaturerniedrigung und ganz besonders bei der Beleuchtung der keimenden Samen.

III. *Natur der anomalen Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln bei Gruschewkakeimlingen.*

Wodurch wird die in Rede stehende Anomalie hervorgerufen? Ist sie das Resultat einer geotropischen Stimmungsänderung der ungewöhnlich orientierten Radicula, oder ist sie durch die autonome Tendenz der letzteren bedingt?

Um diese Frage beantworten zu können, stellte ich eine Reihe von Versuchen an, wobei keimende Samen am Klinostaten rotierten. Die Samen orientierte ich dabei derart, daß die Radicula lotrecht invers gerichtet war. Das Einpflanzen der Samen geschah in Sägespäne, die, abweichend von dem üblichen Versuchsverfahren, ziemlich dicht gelagert wurden und die Samen mit einer zirka 4—5 cm hohen Schicht bedeckten. Die erste Eigentümlichkeit wurde dadurch bedingt, daß die Rotation des Versuchsgefäßes eine Verschiebung der locker gelagerten Sägespäne involvieren und somit eine Veränderung der ursprünglichen Orientierung der Samen verursachen könnte. Die zweite Eigentümlichkeit sah die Möglichkeit des Wurzelwachstums in der Richtung zum Deckel des Versuchsgefäßes hin voraus. Infolgedessen mußte ich für die Hauptwurzeln genügend Platz lassen, damit dieselben nicht in Berührung mit dem Deckel kommen und dadurch zu passiven Krümmungen veranlaßt werden konnten. Das zylindrische Versuchsgefäß, in angegebener Weise montiert, befestigte ich in horizontaler Lage am Klinostaten und ließ es um die horizontale Achse während 2—3 Tage rotieren. Der Versuch wurde im Dunkeln bei 20°—25° C angestellt. Nach Abschluß des Versuchs maß ich die Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln in üblicher Weise, aber im Verhältnis zur horizontalen Achse des Klinostaten. Im ganzen untersuchte ich zirka 50 Keimlinge.

Zunächst erwies es sich, daß sämtliche Hauptwurzeln in der Richtung zum Deckel hin wuchsen. Sodann konnte ich feststellen, daß die Hauptwurzeln im Verhältnis zur horizontalen Klinostatenachse im allgemeinen in dreierlei Weise orientiert werden. Ein Teil der Wurzeln wächst gerade, wobei er entweder parallel zu der Klinostatenachse, oder unter einem, im Mittel zirka 18° zu ihr betragenden Winkel gerichtet ist. Ein anderer Teil der Wurzeln ist gekrümmt, wobei ihr oberer Teil entweder parallel zu der Klinostatenachse, oder unter einem kleinen Winkel zu derselben wächst, ihr unterer Teil dagegen bildet einen zirka 10—50° betragenden Winkel zum oberen Teil.

Wie ist nun das geschilderte Verhalten der Wurzeln am Klinostaten zu erklären? Was die gerade wachsenden Wurzeln anbetrifft, so wird ihre Wachstumsrichtung wahrscheinlich durch die Lage der Radicula bestimmt. Ist ihre Längsachse der Klinostatenachse parallel, so wächst die Wurzel parallel zu der letzteren. Bildet die Längsachse der Radicula einen Winkel zu der Klino-

statenachse, so wächst die Wurzel schräg. In beiden Fällen also wachsen die Wurzeln *in der Richtung, die ihnen am Klinostaten* erteilt wurde, was beim Rotieren um die horizontale Achse auch ganz begreiflich ist. Was nun die am Klinostaten gekrümmten Wurzeln anbetrifft, so stellen sich die Verhältnisse etwas verwickelter dar. Die Wachstumsrichtung im oberen Teil dieser Wurzeln haben wir allen Grund ebenso zu erklären, wie wir es oben inbetreff der gerade wachsenden Wurzeln getan haben. Das Eintreten der Krümmungen im unteren Teil der Wurzeln dürfte vermutlich dadurch zu erklären sein, daß, während der obere Teil der Wurzel sich gerade in gegebener Richtung zu wachsen bestrebt, er auf ein Hindernis gestoßen sein dürfte, das *seine Ablenkung seitwärts bedingt.* Als ein solches Hindernis dürfte man vielleicht die ungleich dichte Lagerung der Sägespäne ansehen, wahrscheinlicher aber die Berührung mit den Nachbarwurzeln.

Als ich den mittleren Abweichungswinkel sämtlicher am Klinostaten rotierten Wurzeln von der Klinostatenachse berechnete, so erwies es sich, daß er ungefähr 20° gleich war. Da aber die rotierten Wurzeln in der Richtung zum Deckel hin wuchsen, so ist der gefundene Winkel im Verhältnis zur Lotlinie gleich 160° (komplementär bis zu 180° gehend). Wären also die aufrecht invers orientierten Samen vom Schwerereize ausgenommen, so *würden die Hauptwurzeln unter 160° zu der Lotlinie wachsen.* Da die Wurzeln in den analogen Bedingungen, aber unter dem Einfluß des Schwerereizes tatsächlich unter 67° zu der Lotlinie wachsen, so folgt hieraus, daß die anomale Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln bei Gruschewkakeimlingen durch den Geotropismus verursacht wird, und zwar durch seine transversale Form.

So gelangte ich zum Schluß, daß die Hauptwurzeln bei Gruschewkakeimlingen diageotropisch sind. Nun versuchte ich diesen Schluß noch auf eine andere Weise zu verifizieren. Ich stellte eine Reihe von neuen Versuchen an, wobei die Gefäße mit verschieden orientierten Samen sich zunächst so lange in normaler Lage befanden, bis die *Hauptwurzeln eine Länge von etwa* 15—20 mm erreicht hatten, dann brachte ich sie durch Drehung von 90° bzw. 180° in eine neue Lage, in der sie zirka 24 Stunden blieben. Die Bestimmung der Wachstumsrichtung bei den Hauptwurzeln ließ in beiden Lagen unschwer entscheiden, ob und wie weit die ursprüngliche Raumorientierung der Hauptwurzeln mit ihrer geotropischen Gleichgewichtslage zusammenfällt.

Als Keimgefäße wurden hierbei SACHSsche Zinkkästen oder zylindrische und rechteckige Glaswannen gebraucht.

Wir werden jetzt die Resultate zweier von uns erlesener Versuche anführen, um die Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln unter den oben beschriebenen Bedingungen zu illustrieren.

Versuch Nr. 1.

Die Samenkeime sind in einer intermediären Lage zwischen „aufrecht invers" und „seitwärts" orientiert. Die Schicht der Sägespäne über den Samen ist 6½ cm dick. Der Kasten bleibt in der normalen Lage 62 Stunden stehen, in der inversen 26 Stunden.

Nr. der Wurzeln	Einpflanzungsort der Samen	Der Abweichungswinkel von der Lotlinie bei den verschiedentlich gerichteten Wurzelteilen	Länge der betr. Wurzelteile in mm
1	An der Glaswand	50° 70°	50 73
2	do.	50° 85° 60°	45 45 33
3	do.	50° 85°	50 55
4	do.	45° 75° 45°	45 50 22
5	do.	60° 70°	50 45
6	do.	40° 70°	45 60
7	do.	35° 45°	60 57
8	In dem mittleren Teil des Zinkkastens	50° 70° 50°	35 60 11
9	do.	50° 65°	27 30
10	do.	45° 55°	50 40

Versuch Nr. 2.

Die Samenkeime sind aufrecht invers orientiert. Das Glasgefäß befindet sich in der normalen Lage 62 Stunden, in der horizontalen 30 Stunden. Die Schicht der Sägespäne über den Samen ist 6,5 cm dick.

Nr. der Wurzeln	Der Abweichungswinkel von der Lotlinie bei den verschiedentlich gerichteten Wurzelteilen	Länge der betr. Wurzelteile in mm
1	70° 30°	55 45
2	65° 45°	80 40
3	55° 40°	120
4	75° 20°	100
5	55° 30°	106
6	75° 40°	120
7	80° 30°	113
8	80° 20°	140

Die angeführten Versuche zeigen, daß die anomale Wachstumsrichtung der Hauptwurzeln bei Gruschewkakeimlingen tatsächlich durch den Geotropismus verursacht wird, weil der Störung dieser Richtung eine Wiederherstellung derselben sofort folgt. Freilich koinzidiert die neue Orientierung der Hauptwurzeln im Raum nicht genau mit der früheren. Immerhin soweit sich die beiden Orientierungen durch eine Abweichung von der Lotlinie auszeichnen, stellen sie beide die geotropischen Gleichgewichtslagen dar, welche für die transversalgeotropischen Organe charakteristisch sind.

IV. Ausbreitung des Diageotropismus der Hauptwurzeln unter den anderen Keimlingen.

Vor allem war es wichtig klarzulegen, ob die oben beschriebene Anomalie den Gruschewkakeimlingen allein eigen ist, oder ob sie auch bei anderen Maissorten vorkommt. Es wurden Kontrollversuche mit 7 anderen Maissorten angestellt. Die gewonnenen Resultate sind in der Tabelle VIII angeführt.

Tabelle VIII.

Benennung der Sorten	Lage der Samenkeime im Raume	M ± m
Odessaer Orangefarben	Aufrecht invers	71,88° ± 3,32°
Amerikanischer kieselig	„ „	78,16° ± 7,8°
„ Northwestern dent	„ „	73,32° ± 3,33°
„ Minnesota N. 13	„ „	78,64° ± 3,49°
„ „ N. 23	„ „	87,8° ± 3,89°
„ „ N. 23	Flach normal	62,6° ± 4,84°
„ Wisconsin N. 7	Aufrecht invers	79,0° ± 4,65°
„ Stowell's evergreen sweet corn	„ „	66,5° ± 5,74°

Auf Grund der angeführten Resultate kann man als erwiesen annehmen, daß der *Diageotropismus der Hauptwurzeln weit verbreitet* ist unter den verschiedenen Maissorten.

Begreiflicherweise entstand darauf die Frage, ob sich eine ähnliche Anomalie nicht auch bei anderen Pflanzenarten entdecken lasse. Es wurden Kontrollversuche mit Samen von *Cucurbita Pepo, Pisum sativum, Helianthus annuus* und *Polygonum Fagopyrum* angestellt. Allein das bisher gesammelte Material ist noch zu gering, als daß man zu irgend einem bestimmten Schluß kommen könnte. In jedem Falle war der Diageotropismus, wo er auch immer an den Hauptwurzeln beobachtet wurde, viel schwächer ausgeprägt als beim Mais.

Odessa, Botanisches Laboratorium der Universität,
den 28. September 1924.

64. Antonina Pojarkova: Winterruhe, Reservestoffe und Kälteresistenz bei Holzpflanzen.

(Eingegangen am 20. Oktober 1924. Vorgetragen in der Novembersitzung.)

Als Anregung zur vorliegenden Untersuchung diente die Arbeit von STRAUSBAUGH (1), in welcher er von seinen Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen der Tiefe der Winterruhe und der Kälteresistenz bei Pflaumen berichtet. Von den drei Pflaumensorten, die er untersuchte, zeichneten sich zwei weniger kälteresistente Sorten durch eine schwach ausgesprochene Winterruhe aus, während die kälteresistentere Sorte eine viel längere und tiefere Winterruhe aufwies.

Untersuchungen von HOWARD (2) über die Tiefe der Winterruhe bei 234 Holzpflanzen des gemäßigten Klimas haben erwiesen, daß unter den Pflanzen eines milderen Klimas der Prozentsatz der Arten, die eine minder tiefe Winterruhe besitzen, viel größer ist, als bei denjenigen eines rauheren Klimas: unter den japanisch-chinesischen Pflanzen schlugen die Knospen bei 50 % der untersuchten Arten im Oktober aus, dabei in sehr kurzer Zeit (größtenteils in weniger als 10 Tagen), während unter den nordamerikanischen Pflanzen nur bei 30 % die Knospen ausschlugen; dabei war die dazu erforderliche Zeit viel länger, nämlich bis 64 Tage. Mittel- und südeuropäische Rassen besitzen tiefere Winterruhe als die japanisch-chinesischen, aber weniger tiefe als die nordamerikanischen.

Sollte es sich erweisen, daß der von STRAUSBAUGH bemerkte Zusammenhang zwischen der Tiefe der Winterruhe und der Kälteresistenz eine größere Verbreitung hat, so könnte man in der wenig tiefen Winterruhe der japanisch-chinesischen im Vergleich mit den europäischen und den nordamerikanischen Pflanzen ein Hervortreten von diesem Zusammenhang ersehen. Von diesem Standpunkte aus ist es von großem Interesse die Frage aufzuklären: ob und in welchem Grade ein solcher Zusammenhang zwischen Gruppen von verwandten Pflanzen (z. B. bei verschiedenen Arten einer Gattung) besteht?

Die Aufklärung dieser Frage ist eben eines der Ziele der vorliegenden Untersuchung, die von mir auf den Vorschlag von Prof. N. A. MAXIMOW hin im Laboratorium für experimentelle

Morphologie und Ökologie des Botanischen Gartens zu Leningrad (St. Petersburg) im Winter 1922—23 und 1923—24 unternommen wurde. Ihr anderes Ziel ist: aufzuklären, ob die Rassen mit einer tiefen Ruheperiode irgendwelche Eigentümlichkeiten in dem Verlaufe der Reservestoffwandlung während der Winterruhe im Vergleich mit den Rassen mit kurzer und schwacher Ruheperiode aufweisen.

Schon im Jahre 1904 hat PERETOLČIN (3) darauf hingewiesen, daß der Eintritt verschiedener Phasen in der Winterruhe eng mit der Reservestoffwandlung zusammenhängt, nämlich, daß jede Ruhephase einem ganz bestimmten Moment im Verlaufe der Stärkewandlung entspricht, so z. B. bei der Eiche entspricht der Periode der Wandlung der Stärke aus den Blättern in die Stammteile (Stärkemaximum) die Phase der allertiefsten Ruhe und der Periode der Umwandlung der Stärke in Öl die schwache Wachstumsfähigkeit; bei der Esche *(Fraxinus excelsior)* entspricht dem Stärkemaximum die Phase vor der Ruhe („Vor-Ruhe" von JOHANNSEN), dem Anfang der Umwandlung der Stärke in Öl — die Phase der tiefen Ruhe („Mittel-Ruhe"), der weiteren Umwandlung — der Zeitraum nach der Ruhe („Nach-Ruhe").

Ferner hat PERETOLČIN (3) bewiesen, daß bei den vier vor ihm untersuchten Holzpflanzen *(Quercus pedunculata, Fraxinus excelsior, Ulmus montana* und *Tilia parvifolia)*, die sich durch die Tiefe ihrer Winterruhe auszeichnen, ein Zusammenhang zwischen der Umwandlung der Reservestoffe und der Länge und Tiefe der Phasen der Winterruhe besteht: die Eiche, bei der im Winter der unbedeutendste Teil der Stärke in Öl umgewandelt wird, weist eine sehr schwach ausgesprochene Tiefe der Winterruhe auf; die Linde, bei der sich sehr viel Stärke in Öl umwandelt, zeichnet sich durch eine sehr lange und feste Winterruhe aus, und bei *Fraxinus* und *Ulmus*, die in bezug auf die Tiefe der Winterruhe eine Mittelstellung einnehmen, wird eine größere Quantität Stärke als bei der Eiche, jedoch eine kleinere als bei der Linde, in Öl umgewandelt.

Bei der Auswahl des Materials für meine Arbeit habe ich mich für einige Gattungen entschieden, in deren Grenzen ich im Botanischen Garten zu Leningrad Baum- und Straucharten von verschiedener Kälteresistenz aussuchen konnte. Zur Aufklärung des Grades der Kälteresistenz der einen oder anderen Art benutzte ich das Werk des bekannten Dendrologen EGB. WOLFF (4), der alle von ihm untersuchten Rassen nach ihrer Kälteresistenz in fünf Gruppen einteilt:

I. vollkommen kälteresistente Rasse;
II. Rasse, die nur unter günstigen Bedingungen kälteresistent ist;
III. weniger resistente Rasse, die jedoch noch die Kultur in der Umgebung von Leningrad zuläßt;
IV. frostige Rasse, die jährlich teilweise abstirbt;
V. Rasse, die eine offene Kultur in der Umgebung von Leningrad nicht zuläßt und schon im ersten Winter eingeht.

Im Winter 1922/23 habe ich die Untersuchungen an den Gattungen *Ribes* (10 Arten), *Acer* (10 Arten) und *Lonicera* (6 Arten), im Winter 1923/24 an denselben Gattungen mit einer etwas größeren Anzahl von Arten und an nur wenigen Arten der Gattungen *Berberis*, *Corylus* und *Amelanchier* vorgenommen. Nachdem ich die Objekte ausgesucht hatte, habe ich für jede Art je ein gesundes Exemplar vermerkt: für die kälteresistenten (I—III) unter den im Freien, für weniger resistente (III—V) unter den in einem unbeheizten Treibhause überwinternden Pflanzen. Die Beobachtungen über die Tiefe der Winterruhe wurden folgendermaßen veranstaltet: im Zeitraum von Ende Oktober bis Mitte März wurden von den vermerkten Bäumen und Sträuchern zweimal monatlich Zweige abgeschnitten und in Gefäße mit Wasser gestellt in einem Raum, wo die t° 16—19° C betrug. Die Zweige wurden täglich besichtigt und die Zeit des ersten Ausschlagens der Knospen und ihrer völligen Entfaltung notiert. Die mikrochemische Analyse der Reservestoffe wurde einmal monatlich ausgeführt. Die Stärke wurde durch Jodjodkalium aufgefunden, als Ölreagens diente Sudan III und als Zuckerreagens FEHLINGsche Lösung. Wie für die Beobachtungen über die Tiefe der Winterruhe, so auch für die mikrochemische Analyse wurden immer Zweige von gleichem Alter — nämlich einjährige — und womöglich für jede Art von gleichem Durchmesser benutzt.

I. **Ribes.** Im ganzen wurden 14 Arten mit verschiedener Kälteresistenz (I—V) untersucht. Die Resultate der Versuche sind aus den Tabellen I und II zu ersehen.

In der ersten Tabellenspalte ist die Kälteresistenz der Arten angezeigt. Ferner sind für jeden Monat Daten angeführt, an denen die Zweige abgeschnitten wurden, mit Angabe der Tagesanzahl, welche die Knospen zum Ausschlagen brauchten. Der Zeitraum, der für das Ausschlagen der Knospen erforderlich ist, dient als Anzeiger der Tiefe der Ruhe im Moment des Abschneidens. Von den Resultaten der allmonatlichen mikrochemischen Analysen sind nur die relativen Stärkemengen (nach dem 5-Ballen-System)

Tiefe der Winterruhe und die Stärkemengen bei *Ribes*-Arten.

Tabelle I. Winter 1922/23.

Art	Datum: Kälte-resistenz	27. XI.: Ausschlagen nach Tagen	4. XII.: Ausschlagen nach Tagen	16. XII.: Ausschlagen nach Tagen	26. XII.: Stärke-menge	5. I.: Ausschlagen nach Tagen	12. I: Stärke-menge	24. I.: Ausschlagen nach Tagen	7. II.: Stärke-menge	12. II: Ausschlagen nach Tagen	23. II.: Stärke-menge	8. III.: Ausschlagen nach Tagen	20. III.: Stärke-menge
1. *R lobbii* Gray.	III—IV		7	7	IV	5	IV	5	IV	~	—	5	V
2. „ *fasciculatum* S. et Z. .	IV—V	—	7	~	V	5	V	5	V	~	—	5	V
3. „ *diacantha* Pall. . . .	III	11	10	7	—	5	III	7	III	~	—	4	III
4. „ *glaciale* Wall . . .	V	—	15	~	III	7	III—IV	10	III	~	—	5	III
5. „ *alpinum* L.	II	19	~	13	III	8	III	6	III	~	III	5	III
6. „ *stenocarpum* Max. . .	III	24	~	~	—	10	II	~	III	~	—	7	III
7. „ *oxyacanthoides* L . .	I	—	31	13	II	15	II	7	III	~	III	7	IV
8. „ *rotundifolium* Mchx .	I	—	39	~	I	18	II	10	II—III	7	—	7	III
9. „ *petraeum* Wulf . . .	I	33	37	25	I	25	I	15	II	21	I—II	8	II
10. „ *meyeri* Max.	II	45	~	30	—	~	I	41	I	19	I	14	I

— keine Beobachtung; ~ nicht ausgeschlagen.

Tiefe der Winterruhe und die Stärkemengen bei *Ribes*-Arten.

Tabelle II. Winter 1923/24.

Art	Datum	23. X.	29. X.	19. XI.	4. XII.	7. XII.	10. I.	18. I.	4. II.	18. II.
	Kälteresistenz	Ausschlagen nach Tagen	Stärkemenge	Ausschlagen nach Tagen	Stärkemenge	Ausschlagen nach Tagen	Ausschlagen nach Tagen	Stärkemenge	Ausschlagen nach Tagen	Stärkemenge
1. *R. fasciculatum* S. et Z. . .	IV—V	9	V	7	IV	3	3	IV	2	V
2. „ *maximowiczianum* Kom. .	I	16	III	10	II	3	5	II—III	3	II
3. „ *stenocarpum* Max. . . .	III	12	III	22	II	~	7	II	4	III
4. „ *tenue* Jancz.	II · III	22	III	12	II	7	7	—	4	III
5. „ *diacantha* Pall.	III	22	III	14	I	7	4	III	—	—
6. „ *alpinum* L.	II	26	III	24	II	23	9	II—III	5	II
7. „ *aureum* Pursch	I	40	III	24	II—III	20	11	—	7	IV
8. „ *oxyacanthoides* L. . . .	I	~	III	~	I	~	13	II—I	7	0—I
9. „ *petraeum* Wulf	I	111	III—II	~	I	29	15	I	10	I
10. „ *cynosbati* L.	I	~	III	~	I	35	~	0—I	10	I
11. „ *meyeri* Max.	II	~	II	~	0	36	19	I—0	17	0

— keine Beobachtung; ~ nicht ausgeschlagen.

angegeben. Die Arten sind in der Reihenfolge der Zunahme der Anzahl von Tagen, die zum Ausschlagen der Knospen erforderlich waren, d. h. in der Reihenfolge der Tiefe der Winterruhe, angeführt.

Aus dem Vergleich der Zeitintervalle, nach denen das Ausschlagen der Knospen verschiedener Arten stattfindet, ist zu ersehen, daß, nach der Tiefe der Ruhe geurteilt, die einzelnen Arten beträchtliche Unterschiede zeigen: während die einen Arten im Anfang des Winters (Oktober/November) schon eine sehr schwache Ruhe aufweisen und unter Einfluß von Wärme sehr bald ausschlagen, erfordern die anderen Arten zum Ausschlagen einen längeren Zeitraum oder können sogar überhaupt nicht zum Ausschlagen gebracht werden, d. h. sie besitzen eine feste Ruhe. Die Beobachtung des Verhältnisses zwischen der Tiefe der Ruhe der einzelnen Arten und ihrer Kälteresistenz ergibt, daß Arten mit der tiefsten Ruheperiode gleichzeitig auch am meisten kälteresistent sind, und daß die bald und leicht ausschlagenden Arten zu den wenig kälteresistenten gezählt werden müssen.

Nun gehe ich zur Betrachtung der Verteilung von Reservestoffen bei den *Ribes*-Arten in der Winterperiode über. Als gemeinschaftlich für alle untersuchten Arten erweist sich die völlige Abwesenheit von Öl und der Reichtum an Zucker in allen Geweben, besonders in der Rinde. Leider kann auf Grund von nur mikrochemischen Ergebnissen keineswegs selbst nur annähernd genau auf die Zuckermengen bei einzelnen Arten geschlossen werden. Was die Stärke anbetrifft, so stellen verschiedene Arten in bezug auf die Menge der Stärke eine große Mannigfaltigkeit dar: während sie bei den einen sogar in der Periode des minimalen Stärkegehalts (Januar/Februar) alle Gewebe überfüllt (Arten mit dem Stärkeanzeiger V und IV), findet sie sich zu dieser Zeit bei anderen Arten nur in unbedeutenden Mengen in den Markstrahlen (Stärkeanzeiger I); die Arten mit den Stärkeanzeigern III und II nehmen eine Mittelstellung in bezug auf die Stärkemenge ein. Die Unterschiede im Stärkegehalt während des Winters weisen darauf hin, daß die Umwandlung der Stärke bei verschiedenen Arten nicht gleich weit geht: während sie bei den einen Pflanzen fast keiner Änderung unterliegt, wird sie bei anderen fast vollständig in Zucker umgewandelt. Wie die Tabellen zeigen, steht der Prozeß der Stärkeumwandlung in enger Beziehung zu der Tiefe der Ruhe. Je fester die Ruhe einer Art ist, desto größer ist die Menge der Stärke, die die Umwandlung erleidet; so bleibt bei den Arten, die sich durch ihre sehr schwache Ruhe auszeichnen (z. B. 1, 2, Tab. I), fast die ganze Stärke im Winter unverändert; bei Arten mit der

tiefsten Winterruhe (z. B. 9, 10, Tab. I) wird dagegen die Stärke fast gänzlich in Zucker umgewandelt, und die in bezug auf die Tiefe der Winterruhe eine Mittelstellung einnehmenden Arten zeigen eine weniger große Abnahme der Stärke.

Der Unterschied im Verlauf der Stärkeumwandlung kann bis zu einem gewissen Maße den verschiedenen Grad der Kälteresistenzen erklären. Bei den Arten mit tiefer Ruhe, bei denen sehr viel Stärke während des Winters umgewandelt wird, wird mehr Zucker gebildet als bei Arten, die leicht ausschlagen, und bei denen die Stärkeumwandlung nur schwach ausgesprochen ist; deshalb muß bei den ersteren die Zuckerkonzentration höher sein als bei den letzteren, und dieses, wie MAXIMOW (5) bereits bewiesen hat, ist einer der wichtigsten Faktoren, die den Grad der Kälteresistenz bestimmen. Diese Voraussetzung wird durch folgende Beobachtung bestätigt: Nach einem langen Tauwetter, das sich nach Mitte Dezember eingestellt hatte, traten gegen 10. Februar plötzlich starke Fröste von -20^{0} ein; aus der periodischen Probe der Zweige, die am 12. Februar abgeschnitten wurden, schlugen nur die drei letzteren Arten (8, 9, 10, Tab. I) aus, die die tiefste Ruhe und die kleinste Menge Stärke, wie Tabelle I zeigt, im Moment des Versuches besaßen. Die übrigen Arten waren vom Frost beschädigt und konnten nicht ausschlagen.

II. ***Berberis.*** 4 Arten mit Kälteresistenz I und IV[1]): *B. yunnanensis* Franch. (IV), *amurensis* Rupr. (I), *vulgaris* (I), *diaphana* (IV). Alle sind durch eine schwach ausgesprochene Ruhe ausgezeichnet. Zweige, die am 5. November abgeschnitten waren, brauchten nur 4—10 Tage bis zum Ausschlagen. Kälteresistente Arten unterscheiden sich nicht von den nicht resistenten. Die Verteilung und Menge der Reservestoffe ist bei allen Arten gleich: Öl fehlt, Zucker ist in sehr geringer Menge, Stärke in sehr großer Menge in allen Geweben vorhanden.

III. ***Lonicera.*** Untersucht wurden 10 Arten, fast alle kälteresistent (I und II), da es unmöglich war, in den Treibhäusern passende empfindlichere Arten für die Versuche aufzufinden[1]): *Lon. morrowii* Gray (III), *ruprechtiana* Rgl. (I/II), *tatarica* L. (I), *maackii* Max. (I/II), *involucrata* Banks. (I), *coerulea* L. (I), *nigra* L. (I), *maximowiczii* Rupr. (I), *xylosteum* L. (I), *orientalis* Lam. (I/II). Unter den 10 untersuchten Arten erwies sich nur eine — *L. orientalis* — mit verhältnismäßig tiefer Ruhe; die anderen kann man in zwei Gruppen einteilen, die sich voneinander durch den Grad der Tiefe

1) Die Arten sind in der Reihenfolge der Tiefe der Ruhe angeführt.

ihrer Winterruhe unterscheiden; bei der einen Gruppe ist die Ruhe sehr schwach (im Oktober schlagen die Knospen nach 6—13 Tagen aus), bei den anderen etwas stärker ausgesprochen (im Oktober schlagen die Knospen nach 25—34 Tagen aus). Was die Reservestoffe anbetrifft, so zeichnen sich alle untersuchten Arten durch Abwesenheit von Öl und reduzierendem Zucker aus. In bezug auf die Stärke steht ihr Quantum bei einzelnen Arten in engem Zusammenhang mit der Tiefe ihrer Ruhe. Bei den Arten der I-Gruppe, die eine minder tiefe Ruhe besitzen, wird die Stärke augenscheinlich fast gar nicht umgewandelt: sie füllt die lebendigen Schichten des Markes, die Markstrahlen sowie fast das ganze Parenchym aus und wird in großer Menge in der Rinde vorgefunden. Bei den Pflanzen der II-Gruppe, die eine tiefere Ruhe besitzen, bleibt weniger Stärke nach; sie verschwindet fast aus dem Holzparenchym und der Rinde, bleibt aber in großer Menge in den Markstrahlen und im Mark zurück. Bei *L. orientalis* jedoch, die sich durch die tiefste Ruhe auszeichnet, wird die Stärke im Winter in sehr geringer Menge nur in den Markstrahlen vorgefunden.

IV. ***Amelanchier.*** 3 Arten[1]): *A. rotundifolia* D. Cours (III), *spicata* Koch (I), *canadensis* Med. (I). Die Ruhe ist tiefer als bei *Lonicera:* im November ist ein Zeitraum von 23—33 Tagen bis zum Auschlagen erforderlich (*Lonicera* ebenfalls im November 3—18 Tage). Die Stärke erfährt eine tiefere Umwandlung: im Januar und Februar wird sie in bedeutender Menge nur in dem primären Holz und in den Strahlen des sekundären Holzes vorgefunden, während sie in der Rinde fehlt. Zucker ist in bedeutender, Öl in nur geringer Menge vorhanden.

V. ***Acer.*** 11 Arten mit Kälteresistenz I/IV[1]): *A. ginnala* Max. (I/II), *pseudo-sieboldianum* Kom. (III/IV), *platanoides* L. (I), *negundo* L. (I), *tataricum* L. (I), *monspessulanum* L. (IV), *hyrcanum* F. et. M. (IV), *rubrum* L. (I), *trautvetterii* Medo. (III/IV), *campestre* L. (II), *dasycarpum* Ehrh. (II). Unter ihnen besitzen nur zwei Arten, *A. ginnala* und *pseudo-sieboldianum*, keine tiefe Ruhe, alle anderen dagegen sind durch eine verhältnismäßig tiefe Ruhe ausgezeichnet (erfordern im November bis zum Ausschlagen 28—79 Tage, einige sind sogar um diese Zeit überhaupt nicht zum Ausschlagen zu bringen); dem entspricht auch eine tiefere Umbildung von Stärke in Zucker: im Januar/Februar bleibt die Stärke in geringer Menge nur im primären Holz und in den Strahlen des sekundären Holzes

1) Die Arten sind in der Reihenfolge der Tiefe der Ruhe angeführt.

zurück. Zucker ist in großen Mengen in allen Geweben vorhanden, von Öl nur Spuren. Irgendwelcher Zusammenhang zwischen Kälteresistenz und Tiefe der Ruhe fehlt.

VI. **Corylus.** 3 Arten, alle 3 vollständig kälteresistent (I): *C. avellana* L., *rostrata* Ait., *mandschurica* Max. Die Ruhe der Blattknospen ist sehr fest; als erste schlagen erst die im Januar abgeschnittenen Zweige aus. Die Stärke erfährt eine tiefe Umwandlung: im Januar, Februar bleibt sie in sehr geringen Mengen nur in dem primären Holz und in den Strahlen des sekundären Holzgewebes nach. Zucker ist während dieser Zeit in großen Mengen in allen Geweben vorhanden, Öl wenig.

Indem ich hiermit die Darstellung der Ergebnisse meiner Beobachtungen schließe, möchte ich die Folgerungen, welche sich aus ihnen ziehen lassen, kurz zusammenfassen:

1. Alle von mir beobachteten Arten von Holzpflanzen zeigen einen sehr engen Zusammenhang zwischen dem Verlaufe der Stärkeumwandlung und der Tiefe der Winterruhe: Arten, bei denen im Winter eine große Menge Stärke in Zucker umgebildet wird, besitzen eine festere Winterruhe, während Arten, bei denen diese Umbildung geringfügig ist, sich durch eine schwach ausgeprägte Winterruhe auszeichneten.

2. Der von STRAUSBAUGH bei Pflaumen beobachtete Zusammenhang zwischen Tiefe der Winterruhe und Kälteresistenz ist nur bei den *Ribes*-Arten deutlich ausgeprägt: verhältnismäßig kälteresistente Arten besitzen eine festere Ruhe, dagegen zeichnen sich die wenig kälteresistenten Arten durch eine äußerst schwache Ruhe aus. Jedoch bei den Gattungen *Acer* und *Berberis* konnte kein Zusammenhang zwischen dem Grade der Kälteresistenz und der Winterruhe nachgewiesen werden.

Zum Schluß halte ich es für meine angenehme Pflicht, dem Herrn Prof. N. A. MAXIMOW meinen innigsten Dank für sein wohlwollendes Interesse an meiner Arbeit auszusprechen.

Leningrad, Botanischer Garten, September 1924.

Literatur.

1. STRAUSBAUGH. Dormancy and hardiness in the plum. The Botan. Gazette. LXXI. Nr. 5. 1921. S. 337–357.

2. HOWARD, W. T. Untersuchung über die Winterruheperiode der Pflanzen. Halle. 1906. S. 3–111.

3. PERETOLČIN, K. Die Änderungen von Reservestoffen bei unseren Bäumen in der Winterruheperiode. Mitteil. des Petersburg. Forst-Inst. XI. 1904. S. 3—42 (russisch).
4. WOLFF, EGB. Beobachtungen über die Kälteresistenz bei Holzpflanzen. Bullet. of applied Botany. X. 1917. S. 11—156 (russisch).
5. MAXIMOW, N. A. Chemische Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren. Berichte d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. 30. 1912. S. 52, 293, 504.

65. M. Thielmann: Über Kulturversuche mit Spaltöffnungszellen.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 30. Oktober 1924. Vorgetragen in der Novembersitzung.)

Den Beobachtungen von HABERLANDT (1902) und BOBILIOFF-PREISSER (1917) zufolge können pflanzliche Zellen, die vom Gewebsverbande getrennt und in Nährlösungen oder auf Nähragar gezüchtet werden, sich längere Zeit am Leben erhalten und einige Wachstumserscheinungen zeigen, nämlich: kleinere Ausstülpungen an gewissen Zellpartien, lokale Membranverdickungen, wie auch gleichmäßiges Flächenwachstum derselben, so daß das Volumen der von HABERLANDT kultivierten Palisadenzellen bis aufs 11fache zugenommen hatte. Dieselben Forscher beobachteten aber auch, daß, wenn das Wachstum bis zu einem gewissen Stadium vorgeschritten war, die Zellen früher oder später zugrunde gingen.

Es bleibt unentschieden, ob die Kulturbedingungen den Zellen nicht angepaßt waren, oder ob es in der Natur der Zellen lag, daß dieselben zu einer weiteren Entwicklung nicht fähig waren. Um eine Vorstellung über den Einfluß der Isolierung der Zellen vom Gesamtorganismus zu erhalten und hieraus Schlüsse über das Zusammenleben der Zellen im Organismus ziehen zu können, muß erst nach den Bedingungen gesucht werden, welche es erlauben, die Zellen wenigstens für längere Zeit in der Kultur zu erhalten. Dieses wäre auf zweierlei Art zu erreichen: durch Suchen nach geeigneten Nährsubstraten und durch Kultivierung solcher Zellen, die gegen äußere Einflüsse eine größere Widerstandskraft aufweisen. Dieses war der Gedankengang, der die Schließzellen des Spaltöffnungsapparates für die unten geschilderten Kulturversuche wählen ließ; denn von LEITGEB (1888), KINDERMANN (1902) u. a. ist eine besondere

Widerstandsfähigkeit dieser Zellen gegenüber anormalen und schädlichen Einflüssen beobachtet worden.

Zwar war es nicht möglich, mit einfachen Mitteln die Schließzellen vom Gewebsverbande zu lösen, und es wurden ganze Oberflächenschnitte von Blattunterseiten in Kultur genommen. Da aber alle Zellarten, ausgenommen die Schließzellen, nach kürzerer oder längerer Zeit abstarben, so konnte man von der Kultur auf biologischem Wege isolierter Schließzellen sprechen. Die Schnitte wurden von Blättern, die mittels $^1/_{2000}$ Sublimatlösung sterilisiert worden waren, gemacht und in kleine, bis 2 cm hohe Petrischälchen von 15 bzw. 20 ccm Inhalt, die 7 bzw. 10 ccm Flüssigkeit enthielten, gebracht. Als Kulturmedien dienten destilliertes oder Leitungswasser und KNOPsche Nährsalzlösung mit oder ohne Zusatz von Rohr- bzw. Traubenzucker verschiedener Konzentrationen. Das Verhalten der verschiedenen Pflanzen — untersucht wurden hauptsächlich Monokotyle und einige Cruciferen von den Dikotylen — gegenüber diesen zwei Zuckerarten war ein verschiedenes. So übte z. B. Rohrzucker einen schädlichen Einfluß auf die als Zuckerpflanzen bekannten *Allium*-Arten aus, Traubenzucker dagegen auf die untersuchten Cruciferen. Monokotyle Pflanzen aber, die wohl Zuckerpflanzen waren, aber Stärke in ihren Spaltöffnungen besaßen, vertrugen die beiden Zuckerarten annähernd gleich gut. Eine Ausnahme machte *Scilla sibirica*, deren Schließzellen bloß in Traubenzucker sich längere Zeit am Leben erhielten und Stärke speicherten. Inwieweit das verschiedene Verhalten der Zellen gegenüber den dargereichten Zuckerarten von dem Vermögen der Pflanzen Zucker oder Stärke als Reservestoffe zu führen abhängt, sollen weitere Beobachtungen klären.

Wie schon erwähnt, zeigten die Schließzellen die längste Lebensdauer — bis 4 Monate und länger, wogegen Mesophyll- und Epidermiszellen schon nach ein paar Wochen oder früher abstarben; die letzteren gingen schon nach einigen Tagen zugrunde, wenn die Schnitte dünn waren. An stärkeren Schnittpartien dagegen wurde das Leben aller Zellarten verlängert. Unter den Epidermiszellen verschiedener Pflanzen zeichneten sich die Zellen der untersuchten Cruciferen, *Cheiranthus cheiri* und *Berteroa incana*, dadurch aus, daß dieselben eine nicht geringere Lebensdauer als die Schließzellen aufwiesen. In diesem Falle waren es chlorophyllführende Epidermiszellen. Einige weitere Beobachtungen lassen einen Zusammenhang zwischem dem Vorhandensein der Chloroplasten und der größeren Lebensdauer vermuten; aber auch betreffs dieser Frage sollen weitere Untersuchungen folgen. Die Mesophyll-

zellen wiesen keine Eigentümlichkeiten auf, und auf ihr Verhalten wurde besonders nicht geachtet, wie denn überhaupt das Hauptinteresse in der Beobachtung der Schließzellen und ihrer Beziehungen zu den Epidermiszellen lag. Die Schließzellen hängen in der Kultur in hohem Grade von den Nachbarzellen ab. Es können drei Fälle unterschieden werden. An den Schnitträndern oder ganz dünnen Schnitten, wo die Epidermiszellen beim Schneiden beschädigt sind, die Schließzellen aber nicht gelitten haben, öffnen sich die letzteren nach Uebertragung in die Kulturschälchen schon nach ein paar Stunden, unabhängig von der Zusammensetzung der Kulturflüssigkeit. Das Öffnen geht unter Auflösung der vorhandenen Stärke immer weiter, wobei die Zellen stark gedehnt und gekrümmt werden, so daß der Querdurchmesser der Spalte zwischen ihnen die Länge der letzteren bis zweimal übertrifft. Dauert die Kultur längere Zeit, so trennen sich die Schließzellen voneinander — besonders in Wasser, KNOPscher Lösung oder ganz dünnen Zuckerlösungen — und krümmen sich so stark, daß die Enden der einzelnen Zellen sich gegenseitig berühren. Dieses Verhalten der Schließzellen ist schon von LEITGEB (1888) an *Galtonia*-Blütenschaften beobachtet worden.

Der zweite Fall ist vorhanden, wenn die Schließzellen anfänglich von lebenden Epidermiszellen umgeben sind, und wenn die letzteren nach einiger Zeit absterben. In geeigneten Zuckerlösungen können dann die anfänglich unter dem Drucke der lebenden Epidermiszellen stehenden und geschlossenen Schließzellen sich wieder allmählich öffnen, müssen dabei aber nicht alle ihre Stärke aufbrauchen, wie im ersten Falle, denn es kann auch Stärkespeicherung aus dem dargereichten Zucker stattfinden. Nach einiger Zeit, die kürzer in stärkeren Zuckerlösungen und länger in schwächeren ist, beobachtet man eine Kernverlagerung, meist zur Rückenwand der Schließzellen hin. Der Kern schmiegt sich derselben an und verbleibt in dieser Stellung, bis die betreffende Wandpartie sich zum Wachstum angeregt erweist. Dann wird der enge Zusammenhang aufgelöst, obgleich der Kern meist in der Nähe der anwachsenden Teile verbleibt. Es konnten mehrere Wachstumsarten beobachtet werden. Fig. 1—5 zeigen fünf aufeinanderfolgende Stadien eines kultivierten Schließzellenpaares einer *Hippeastrum*-Spezies. Sie stammen von verschiedenen, jedoch solchen Kulturen, in welchen die Schließzellen sich gleich verhielten. In diesem Falle hat nicht nur die Rückenwand, sondern auch die Bauchwand am Wachstum teilgenommen, und die Schließzellen sind gebogenen Epidermiszellen ähnlich geworden. Unter-

bleibt aber das Wachstum der Bauchwand, und wächst die Rückenwand nur an einer bestimmten Stelle aus, dann kommen Aussackungen zustande, die längs der Epidermiszellen gerichtet sind und bis zweimal länger als die Schließzellen selbst werden können. Durch diese Wachstumsart ist oft *Galtonia candicans* ausgezeichnet. Es können aber auch Fälle vorkommen, bei *Cheiranthus cheiri* z. B.,

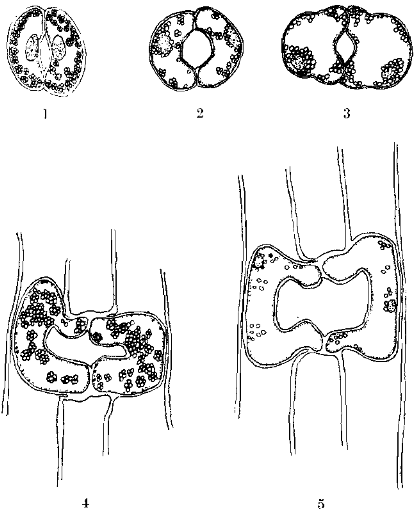


Abb 1

wo die Bauchwand kleinere Ausbuchtungen gibt. Dieses kann schon in einigen Tagen nach Beginn der Kultur geschehen, wogegen die oben beschriebenen Wachstumsarten erst nach längerer Zeit — bis 5 Wochen — zum Vorschein kommen. Es ist wohl die ursprüngliche Lage des Kerns nächst der Bauchwand und die schwächere Verdickung derselben bei den betreffenden Pflanzen dafür verantwortlich zu machen. Schließlich ist noch eine Wachstumsart zu erwähnen, das Auswachsen der Schließzellenenden. Dieses konnte in schwächeren Lösungen beobachtet werden, wo nach Absterben der Epidermiszellen eine Mazeration der Schließ-

zellen eingetreten war. Es hat den Anschein, daß die Wirkung der äußeren Lösung zu schwach ist, um eine Verjüngung derjenigen Zellwände hervorzurufen, die an die Epidermiszelle oder die Luft grenzen. Diese Wirkung genügt aber noch, um die sich voneinandertrennenden Schließzellenenden zum Wachstum anzuregen. Dabei muß der Kern nicht immer in das Zellende wandern und durch enges Anschmiegen an die Membran dieselbe entsprechend beeinflussen; dieses geschieht auch aus der Entfernung.

Diese Wachstumserscheinungen der Schließzellen kommen dann zustande, wenn die Epidermiszellen abgestorben sind. Dauert das Leben der letzteren an, wie es oft an stärkeren, ein paar Mesophyllzellenlagen enthaltenden Schnitten beobachtet wurde, so werden die Schließzellen von den Nachbarzellen nicht nur infolge erhöhten Turgors der letzteren gepreßt, sondern es erfolgt sogar ein Auswachsen derjenigen Epidermiszellenwand, die an die Schließzelle grenzt. Dieses Auswachsen ist immer mit einer Plasmaansammlung und Kernverlagerung nach der betreffenden Stelle hin verbunden. An ganz dicken Schnittpartien, wo die Epidermiszellen sich am besten erhalten, sterben die Schließzellen ab. Hier und auch in anderen Fällen, wo abgestorbene Schließzellen vorkommen, werden dieselben von den Epidermiszellen überwuchert. Nie aber habe ich beobachten können, daß eine Epidermiszelle Auswüchse in andere tote Epidermiszellen gegeben hätte. — Die beschriebenen Wachstumserscheinungen konnten nur in geeigneten Rohr- bzw. Traubenzuckerlösungen beobachtet werden. Die wirksamen Konzentrationen des Zuckers variieren je nach Art und Alter der Pflanze.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei der Kultur von Blattoberflächenschnitten die Schließzellen eine Abhängigkeit von den Epidermiszellen zeigen. Die letzteren erweisen sich als bestimmend für das Sein oder Nichtsein der Schließzellen. Ist ihr Einfluß aber aufgehoben, so tritt eine Fähigkeit der Schließzellen zutage, worin dieselben den Epidermiszellen überlegen sind, nämlich die Fähigkeit zu einem eigentümlichen Wachstum, welches das von früheren Forschern beobachtete Wachstum von isolierten Mesophyllzellen und das von mir konstatierte Wachstum der Epidermiszellen bei weitem übertrifft.

Ein eingehenderer Bericht über die beschriebenen Kulturversuche soll demnächst in den Acta Universitatis Latviensis erscheinen.

Riga, Oktober 1924.

Zitierte Literatur.

1. BOBILIOFF-PREISSER, W. (1917). Beobachtungen an isolierten Palisaden- und Schwammparenchymzellen. Beih. z. bot. Zentralbl. B. 33, S. 248.
2. HABERLANDT, G (1902). Kulturversuche mit isolierten Pflanzenzellen. Sitzungsber. der Akad. d. Wiss. Wien. Abt. I. B. 111 S. 69.
3. KINDERMANN, V. (1902). Über die auffallende Widerstandskraft der Schließzellen gegen schädliche Einflüsse. Ebenda S. 490.
4. LEITGEB, H. (1888). Beiträge zur Physiologie der Spaltöffnungsapparate. Mitt. aus d. bot. Inst. zu Graz. Bd. 24, S. 125.

66. Hans Kappert: Erblichkeitsuntersuchungen an weißblühenden Leinsippen.

(Eingegangen am 31. Oktober 1924 Vorgetragen in der Novembersitzung.)

Nach einer 1915 erschienenen Untersuchung von TAMMES verdanken die Leinsippen mit heller oder dunkler blau gefärbten Blüten und nach weiteren Untersuchungen derselben Autorin (1922) überhaupt alle farbig blühenden Leine die Fähigkeit zur Ausbildung des Farbstoffes zwei Grundfaktoren, B′ und C′. Fehlt einer dieser Faktoren, so hat der Lein weiße Blüten, und zwar weiße Blüten mit Petalen, die von derselben Gestalt wie bei den blaublühenden Leinsippen sind, wenn C′ fehlt, während bei Fehlen von B′ Pflanzen mit weißen, schmaleren und gekrausten Blütenblättern entstehen. Außerdem besitzen diese letzten gelbe Antheren und graugrüne Samen. Nach einer Kreuzung dieser beiden verschiedenen weißen Sippen erhält man einen blaublühenden Bastard, dessen Nachkommen im Verhältnis 9 blaue : 3 weißen mit flachen Petalen und blauen Antheren : 3 weißen mit gekrausten Petalen, gelben Antheren und grünen Samen : 1 weißem mit flachen Petalen, gelben Antheren und grünen Samen spalten. Der Faktor C′ der einen Sippe muß also die Kräuselung der Kronblätter bedingen, eine Wirkung, die aber nur in Erscheinung tritt, wenn sie nicht durch die Anwesenheit des Faktors B′ gehemmt wird. Braune Samenschalenfarbe und blaue Antherenfarbe werden zwar von besonderen Faktoren, aber nur bei Anwesenheit des Faktors B′ hervorgerufen. Diese Annahmen werden den Ergebnissen von TAMMES, wie die Autorin in einer großen Anzahl von Kreuzungen zeigen konnte, vollkommen gerecht. Erst die folgenden Unter-

suchungen machen die Annahme eines weiteren Grundfaktors für die Blütenfarbe notwendig.

Unter den Pflanzen eines Zuchtstammes „Petkuser Lein“ beobachtete ich 1921 vereinzelte weißblühende Pflanzen mit krausen Petalen und gelben Antheren. Ich hielt diese Pflanzen zunächst für identisch mit dem oben erwähnten, von TAMMES studierten weißkrausen Lein. Es zeigte sich aber bei der Ernte, daß die Samen dieser Pflanzen nicht graugrün, sondern ebenso braun wie die der blaublühenden Pflanzen des betreffenden Zuchtstammes waren. Dies veranlaßte mich im Jahre 1922 zu Kreuzungen mit verschiedenen blauen und gewöhnlichen weißen Sippen, um festzustellen, ob die neue Form sich nur durch die Samenfarbe von der schon bekannten krausen unterschied. Auch mit der letzteren wurde eine Kreuzung vorgenommen. Überraschenderweise gaben sämtliche Kreuzungen 1923 blaublühende Bastarde, woraus auf eine Verschiedenheit der beiden weißkrausen Formen hinsichtlich ihrer Farbfaktoren geschlossen werden mußte. Das erhaltene Resultat ließ sich am einfachsten so erklären, daß die alte weißkrause Sippe, die ich 1920 aus dem botanischen Garten Stockholm erhalten hatte und daher im folgenden stets als „Stockholm“ bezeichnet wird, und die neue weiße Form „Petkus“ sich in zwei Faktoren unterschieden, daß sie dagegen einen gemeinsamen dritten besaßen, der in dem gewöhnlichen weißen Lein mit den flachen Kronblättern, blauen Antheren usw. fehlte. Wenn dies der Fall war, so mußte die F_2-Nachkommenschaft jeder Kreuzung weiß × weiß ein dihybrides Spaltungsverhältnis zeigen.

Dieser Erwartung entsprachen die Ergebnisse des Jahres 1924. Es gab nämlich die Kreuzung:

I.	Gewöhnl. weiß × Stockholm	244	blau	:	182	weiß
II.	Petkus × gewöhnl. weiß	123	„	:	105	„
III.	Petkus × Stockholm	161	„	:	123	„

In allen drei Versuchen entspricht die Zahl der blauen und weißen in schöner Weise dem Verhältnis 9 : 7, da die auf Grund desselben zu erwartenden theoretischen Zahlen 240 : 186 (I), 128 : 100 (II), 160 : 124 (III) von den gefundenen, wie der Vergleich zeigt, nur ganz unbedeutend abweichen. Bei der Kreuzung I setzen sich die weißen aus weißen mit flachen Kronblättern, blauen Antheren und braunen Samen, aus weißkrausen mit gelben Antheren und grünen Samen sowie weißflachblättrigen mit gelben Antheren und grünen Samen zusammen, und zwar in einer Anzahl von 91 : 63 : 28 Individuen. In der Kreuzung II traten dieselben

weißen Typen auf, nur waren alle braunsamig. Auch war die Kräuselung der Kronblätter hier z. T. so wenig ausgeprägt, daß eine sichere Unterscheidung der weißkrausen und weißglatten Pflanzen mit gelbem Pollen nicht immer möglich war. (Im Stadium des Aufblühens lassen sich die beiden Typen allerdings deutlich unterscheiden, da die Petalen der krausen Form, wenn die Knospe sich öffnet, an den Spitzen zunächst noch zusammenhaften, während die Knospen der flachen sich gleichmäßig, von den Spitzen anfangend, auseinander rollen.) Wegen der unsicheren Abgrenzung wurden in dieser Kreuzung alle weißen mit gelben Antheren vereinigt, ihre Zahl betrug 59, während von den weißen mit blauen Antheren 46 vorhanden waren. In der III. Kreuzung „Petkus × Stockholm" waren alle 123 weißblühenden Pflanzen krausblättrig, aber von 119 zur Samenreife gelangten Pflanzen waren 50 braunsamig, 69 grünsamig.

Unter möglichster Beibehaltung der von TAMMES gewählten Symbole lassen sich diese Verhältnisse so deuten, daß beide weißkrausen Sippen den Faktor C' besitzen, der zusammen mit zwei anderen Faktoren Blaufärbung hervorruft. Der eine dieser Faktoren, nennen wir ihn B_1, fehlt dem weißkrausen Lein „Stockholm", und sein Fehlen bedingt die gelben Antheren und graugrünen Samen dieser Sippe. In dem andern weißkrausen Lein „Petkus" fehlt der Farbfaktor B_2, dessen Fehlen die gelbe Antherenfarbe bedingt, während die braune Samenfarbe dadurch nicht geändert wird. Sowohl bei Fehlen von B_1 wie B_2 sowie beider verursacht C' eine Kräuselung und Reduktion der Breite der Kronblätter. Die Erbformeln der benutzten Sippen wären also:

I. $B_1B_1\ B_2B_2\ c'c' \times b_1b_1\ B_2B_2\ C'C' = B_1b_1\ B_2B_2\ C'c'$ (blau)
II. $B_1B_1\ b_2b_2\ C'C' \times B_1B_1\ B_2B_2\ c'c' = B_1B_1\ B_2b_2\ C'c'$ (blau)
III. $B_1B_1\ b_2b_2\ C'C' \times b_1b_1\ B_2B_2\ C'C' = B_1b_1\ B_2b_2\ C'C'$ (blau)

Bei der Spaltung müssen in Fall I (gew. weiß × Stockholm) alle Genotypen den Faktor B_2 erhalten, 9 werden auch B_1 und C' haben, also blau sein, bei 3 wird Faktor C' fehlen, die deshalb der gewöhnlich weißen Mutterpflanze gleichen müssen, 3 andere werden ohne B_1 sein, also weißkrause Blüten mit gelben Antheren und grünen Samen haben, und 1 wird weder B_1 noch C' besitzen, d. h. einen neuen Typ mit weißglatten Petalen, gelben Antheren und grünen Samen bilden. Auf die 426 Pflanzen des Versuches kämen also entsprechend dieser Verteilung der Phaenotypen 239,4 blaue auf 79,8 gewöhnlich weiße, 79,8 weißkrause auf 26,6 weißflache mit gelben Antheren usw., statt wie gefunden

244 : 91 : 63 : 28. Bei der Kreuzung II (Petkus × gew. weiß) muß die Spaltung nach B_2 und C' erfolgen und ein gleiches Spaltungsverhältnis geben, das für eine Nachkommenschaft von 228 Individuen 128,25 : 42,75 : 42,75 : 14,25, oder, wenn wir aus dem obenerwähnten Grunde die beiden letzten Zahlen zusammenziehen, 128,25 : 42,75 : 57 lauten müßte, statt 123 : 46 : 59. Da B_1 in allen Pflanzen vorhanden ist, müssen auch die weißkrausen ebenso wie die Genotypen ohne B_2 und C' braune Samen haben. In der Kreuzung III (Petkus × Stockholm) enthalten alle Nachkommen den Faktor C', es können daher keine weißflachen Individuen auftreten, dagegen zerfallen die 7 weißkrausen Phaenotypen in 3 mit B_1 und 4 ohne B_1, diese letzten müssen daher grünsamig sein. Gefunden wurden 50 braunsamige und 69 grünsamige Pflanzen statt der dem theoretischen Verhältnis genau entsprechenden 51 mit braunen und 68 mit grünen Samen. Hinzugefügt sei noch, daß in den beiden ersten Kreuzungen die in bezug auf C' heterozygotischen blauen Pflanzen an dem Fehlen der dunkler gefärbten Adern erkennbar sind.

Wenn nun einerseits die gute Übereinstimmung zwischen den gefundenen Spaltungszahlen „blau : weiß“ und den nach dem anzunehmenden Spaltungsverhältnis zu erwartenden das Vorhandensein von drei verschiedenen Faktoren, die zusammen blaue Blütenfarbe bedingen, zweifelsfrei sicherstellt, so bedarf die Verteilung der verschiedenen weißen Genotypen in den Spaltungsreihen einer weiteren Untersuchung. In der Kreuzung I (gew. weiß × Stockholm) zerfallen die weißen, wie schon erwähnt, in 91 mit flachen Petalen und blauen Antheren, 63 mit krausen Petalen und 28 mit flachen Petalen und gelben Antheren, statt 79,5 : 79,5 : 26,5. Hier liegt also ein deutlicher Ausfall von weißen mit krausen Kronblättern vor. In der Kreuzung III (Petkus × Stockholm) stimmt dagegen das Verhältnis der weißkrausen zu den blauen, und zwar sowohl das der Genotypen mit B_1C' wie B_2C' vollkommen mit dem erwarteten überein. Auch Versuch II (Petkus × gew. weiß) zeigt keinen wesentlichen Ausfall an weißen Pflanzen ohne B. Dieses überrascht insofern, als nach den zahlreichen Beobachtungen von TAMMES dem Faktor C' bei Fehlen des B-Faktors eine semiletale Wirkung zukommen soll, derart, daß ein Teil der gebildeten $C'C'$-Zygoten von vornherein stecken bleibt und ein anderer Teil keimunfähige Körner liefert. Keimprüfungen der Autorin gaben in der Tat geringere Keimfähigkeit der grünen Samen, ebenso zeigte sich, daß die durchschnittliche Samenzahl je Kapsel bei den weißkrausen Pflanzen geringer war. Der auf diese Weise zahlenmäßig er-

mittelte Ausfall an Körnern war imstande, das Defizit an weißen Pflanzen in den Versuchen von TAMMES fast genau auszugleichen, so daß die Annahme eines nachträglichen Ausfalls einer bestimmten Faktorenkombination gut begründet erschien (vgl. TAMMES 1914). Mir gab jedoch schon ein früherer Versuch Ergebnisse, die ebenso wie die Kreuzung II und III gegen eine solche Annahme sprechen. So fand ich in der F_2-Generation einer Kreuzung zwischen einer blaublühenden Sippe mit großen Blüten, die unter dem Namen „Sizilianer" erhalten war, und dem weißkrausen Lein „Stockholm" 1922 unter 303 Pflanzen 225 blaue und 78 weißkrause, statt 227,4 : 75,8, also sogar etwas zuviel weißkrause. Ebenso gab 1923 eine andere Kreuzung zwischen diesen beiden Sippen 97 blaue und 32 weiße, d. h. auch keinen Ausfall an bC'-Pflanzen. Dahingegen gab in den gleichen Jahren die Kreuzung des weißkrausen Leins mit einer andern blaublühenden großblumigen Sippe „Weimar" einen sehr erheblichen Ausfall an weißen Pflanzen. So kamen hier 1922 nur 24 weiße Pflanzen auf 282 blaue und im folgenden Jahr sogar nur 10 weiße auf 188 blaue. Dabei war die Zahl der nicht gekeimten Körner und der vor der Blüte zugrunde gegangenen Pflanzen in beiden Kreuzungen wenig verschieden. Es blühten 1922 von der Sizilianerkreuzung 88 %, von der Weimarkreuzung 83 % der ausgesäten Samen; im folgenden Jahr von der ersten 90, von der letzten 91 %. Ebenso war in gleicher Weise in beiden Kreuzungen bei den weißen Pflanzen eine durchschnittlich geringere Samenzahl je Kapsel festzustellen. Eine geringere Entwicklungsfähigkeit der homozygotischen bC'-Zygoten wäre also in beiden Versuchen anzunehmen und daher ein Ausfall von weißkrausen in beiden Kreuzungen zu erwarten. Der Befund entspricht aber dieser Erwartung nicht, und ich vermute, daß die durchschnittlich geringere Samenzahl in der Kapsel weißkrauser Pflanzen nicht auf eine verschiedene Entwicklungsfähigkeit der homozygotischen Kombinationen mit und ohne *C'* zurückzuführen ist, sondern auf die verschiedene Fähigkeit der weißkrausen und blauen Mutterpflanzen, mehr oder weniger befruchtete Samenanlagen zu ernähren. Eine Probe auf die Richtigkeit dieser Vermutung machte ich 1923, indem ich gleichzeitig eine größere Zahl weißer Blüten mit Pollen von Geschwisterpflanzen desselben Genotypus bestäubte, während eine gleichgroße Zahl von Blüten mit Pollen einer blauen Sippe belegt wurde. Leider kamen von den bestäubten Blüten infolge einer anhaltenden Dürre nur sehr wenige zur Entwicklung, so daß die erhaltenen Zahlen leider keinen Aufschluß geben, ob die mit blauem Pollen

bestäubten Blüten der weißkrausen Pflanzen durchschnittlich mehr gute Samen bringen als die mit dem Pollen weißkrauser Geschwisterpflanzen belegten. Hervorzuheben ist überhaupt, daß die Annahme eines Ausfalls von Samen der Kombination bbC′C′ auf Grund von Zählungen an weißkrausen Geschwisterpflanzen gemacht wurde, für die Bastarde selber, auf deren Verhalten es doch allein ankommt, ist eine geringere Samenzahl in der Kapsel bisher noch nicht festgestellt. Aus diesen Gründen möchte ich die Ursache des in vielen Kreuzungen beobachteten Ausfalls von weißkrausen Pflanzen mehr in einer verschiedenen Konkurrenzfähigkeit der männlichen Gameten bC′ und BC′ (bzw. bc′) suchen, als in der geringeren Lebensfähigkeit der einmal gebildeten Zygoten. Daß diese Konkurrenz der Gameten um die Befruchtung in den verschiedenen Kreuzungen als ungleich stark angenommen werden muß, um das verschiedene Verhalten der Kreuzungen Weimar × Stockholm und Sizilianer × Stockholm zu erklären, macht meine Annahme nicht unwahrscheinlich, da wir eine verschieden starke Wirkung der Konkurrenz in verschiedenen Sippen von *Melandrium* kennen, wo, wie experimentell feststeht (CORRENS 1917), das Defizit an Männchen, dessen Größe in verschiedenen Nachkommenschaften ganz bedeutenden Schwankungen unterliegt, durch eine ungleiche Keimungs- oder Wachstumsgeschwindigkeit der Männchen- und Weibchen- bestimmenden Pollenkörner bedingt wird. Leider ist bei *Linum* der experimentelle Nachweis einer solchen Konkurrenz der Gameten mit und ohne C′ durch die geringe Anzahl von Samen in der Kapsel, die ja bestenfalls 10 sein kann, äußerst erschwert.

Zur Prüfung, ob die neu aufgefundene weißkrause Sippe mit braunen Samen „Petkus“ ebenso wie die von TAMMES beschriebene grünsamige latent einen Faktor für blaue Antheren besitzt, stand mir eine blaublühende Linie mit goldgelben Antheren, die aus einer pommerschen Leinherkunft isoliert war, und die in Kreuzungen mit blauen und weißen Sippen monohybride Spaltung in bezug auf die Antherenfarbe gezeigt hatte, zur Verfügung. Für das Vorhandensein des Faktors für blaue Antheren in der Sippe „Petkus“ sprach allerdings schon, daß in allen ausgeführten Kreuzungen niemals eine blaublühende Pflanze mit gelben Antheren auftrat. Immerhin könnte dies auf einer Abhängigkeit der blauen Antherenfarbe von zwei Faktoren, von denen je einer mit einem der beiden B-Faktoren gekoppelt wäre, beruhen. Daß aber ein von den B-Faktoren unabhängig spaltender Faktor für die Antherenfarbe vorhanden ist, lehrt die Kreuzung „Pommern × Petkus“, die einen

blauen F_1-Bastard mit blauen Antheren gab. Die Nachkommenschaft dieses Bastards spaltete in 102 Pflanzen mit blauen Blüten und blauen Antheren, 45 blaublühende mit gelben Antheren und 53 weißkrause mit gelben Antheren statt 112,5 : 37,5 : 50. TAMMES hatte ihrerzeit (1922) bei Kreuzung des grünsamig weißkrausen Leins mit einem blaßblauen mit gelben Antheren 45 blaue mit blauen, 14 blaue mit gelben Antheren und 18 weißkrausgelbe, statt 43,3 : 14,4 : 19,3 erhalten. Es besitzen danach beide weißkrausen Sippen einen Faktor für blaue Antheren, der wegen des Fehlens des Faktors B_1 im einen und B_2 im andern Falle nicht zur Wirkung kommen kann.

Zusammengefaßt ergibt die vorliegende Arbeit also:

1. Zur Ausbildung der blauen Blütenfarbe des gewöhnlichen Leins sind mindestens drei Faktoren wirksam. Fehlt einer dieser Faktoren, so können nur weiße Blüten entstehen. Je nachdem, welcher von den Grundfaktoren fehlt, besitzen die weißen Blüten entweder die gewöhnliche Breite der Blumenblätter, blaue Antheren und braune Samen, oder schmale, mehr oder weniger gekräuselte Petalen, gelbe Antheren, braunen oder auch grünen Samen. Das Fehlen von zwei Faktoren läßt Typen entstehen, die je nach Art der fehlenden entweder weißkrause Blüten mit gelben Antheren und grünen Samen, oder weißflache Blüten mit gelben Antheren und grünen bezw. braunen Samen besitzen.

2. Der gewöhnlich in Kreuzungen zwischen dem weißkrausen grünsamigen und dem blauen Lein in der zweiten Generation zu beobachtende Ausfall von weißkrausen Pflanzen kann nicht allein durch das Steckenbleiben oder die Keimunfähigkeit eines Teiles einer bestimmten Zygotenkombination erklärt werden. Wahrscheinlich spielt auch eine verschiedene Konkurrenzfähigkeit der verschiedenen ♂-Gameten bei dem Ausfall an weißkrausen Pflanzen eine Rolle. In gewissen Sippen muß dieser Unterschied der ♂-Gameten mehr oder weniger verwischt, in anderen wieder stärker ausgeprägt sein, ähnlich wie dies für die Konkurrenz der Männchen- und Weibchen- bestimmenden Pollenkörner von *Melandrium* der Fall ist.

3. Auch die neu aufgefundene weißkrause Leinsippe besitzt einen besonderen Faktor für blaue Antherenfarbe, der wirksam wird, sobald der dieser Sippe fehlende dritte Grundfaktor für Blütenfarbe (B_2) nach einer Kreuzung hinzutritt.

Literatur.

CORRENS: Ein Fall experimenteller Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses. Sitz.-Ber. der Kgl. Preuß. Ak d. Wiss. 1917.

TAMMES: Die Erklärung einer scheinbaren Ausnahme der MENDELschen Spaltungsregel. — Extr. du Recueil des Trav. bot. Néerl. Vol. XI. 1914.

— Die genotypische Zusammensetzung einiger Varietäten derselben Art und ihr genetischer Zusammenhang. Ibid. Vol XII. 1915.

— *Genetic Analysis, Schemes of Co-Operation and Multiple Allelomorphs of Linum usitatissimum.* Journ. of. gen. Vol. XII. 1922

---

67. Viktor Czurda: Zur Kenntnis der Geschlechtsverhältnisse bei Spirogyra.

(*Vorläufige Mitteilung.*)

(Eingegangen am 16. November 1924. Vorgetragen in der Dezembersitzung)

Bei den Spirogyren sind nach dem Verhalten bei der Kopulation männliche und weibliche Zellen zu unterscheiden. Diese sind aber bei den verschiedenen Arten nicht gleichartig angeordnet. Bei den einen, denen mit seitlicher Kopulation, finden wir männliche und weibliche Zellen in demselben Faden, bei den anderen, denen mit leiterförmiger Kopulation, enthält ein Faden nur männliche, der mit ihm kopulierende nur weibliche Zellen. HEMLEBEN (1922) hat nun einer wohl vielfach gehegten Auffassung Ausdruck gegeben, daß bei der ersten Gruppe die Geschlechtsbestimmung im Laufe des vegetativen Lebens, bei der zweiten aber bei der Reduktionsteilung stattfindet, so daß im letzteren Fall aus weiblichen Zellen immer nur weibliche, aus männlichen immer nur männliche entstehen könnten.

Ist die Sexualität in dieser Weise festgelegt, so müßten in einer Kultur, die von einem weiblichen Fadenstück ausgeht, ebenso wie in einer, die von einem männlichen abstammt, Kopulationen ausbleiben. Sie würden aber — vorausgesetzt, daß die betreffenden Bedingungen verwirklicht sind — auftreten, sobald man beide Geschlechter in einer Kultur vereinigt.

Um diese Frage zu entscheiden, hat PRINGSHEIM schon vor Jahren in unveröffentlichten Versuchen männliche und weibliche Fadenstücke von *Spirogyra setiformis* zusammengebracht und Kopulationen beobachtet. Da aber die Weiterzüchtung nicht gelang, so konnte die Frage nicht endgültig entschieden werden.

Die Aufzucht eines hinsichtlich des Geschlechts reinen Zellenmaterials versuchte ich nun bei *Spirogyra Weberi* Kütz.

Die Eignung dieser Art für einen solchen Versuch schien neben anderem aus folgenden drei Umständen hervorzugehen: Erstens war vorher festgestellt worden, daß sich diese Art sicher kultivieren läßt. Zweitens sind überzählige Zellen dieser Spezies im Gegensatz zu anderen (z. B. *Spirogyra protecta*) nach Schaffung geeigneter Bedingungen zu weiterem Wachstum befähigt. Drittens ist *Spirogyra Weberi* in der mir vorliegenden Form als eine getrenntgeschlechtliche Art aufzufassen, da sie stets leiterförmig kopuliert[1]). Dabei verläuft die Wanderrichtung der Protoplasten innerhalb des ganzen Fadenpaares gleichsinnig.

Aus kopulierenden Watten dieser Spezies, die im Freien gesammelt waren, wurden solche Paare herausgefischt, deren meiste Zellen die Kopulation abgeschlossen hatten, deren Enden aber nicht in Kopulation getreten waren. Dabei wurde darauf geachtet, daß beide Partner solcher Paare ein vegetativ gebliebenes Fadenende aufwiesen. Nach der Übertragung eines als geeignet befundenen Fadenpaares in reines Wasser wurden die vegetativ gebliebenen Enden unter mikroskopischer Kontrolle abgetrennt, und ein jedes dieser beiden Stückchen wurde für sich allein in einem Schrägagarröhrchen (anorganische Salze) untergebracht Nach der Übertragung wurde nochmals mikroskopisch geprüft, ob das betreffende Fadenstückchen richtig übertragen worden war. In dieser Weise wurden von 6 Fadenpaaren 6 Kulturen mit je einem männlichen und 6 mit je einem zu diesen gehörigen weiblichen Fadenstückchen angelegt. In 7 von den angelegten Kulturen

1) In allen neueren systematischen Werken wird angegeben, daß *Spirogyra Weberi* Kütz zu beiden Kopulationsweisen befähigt ist. Diese, mit den tatsächlichen Verhältnissen nicht übereinstimmende Angabe ist in der historischen Entwicklung des Spirogyrensystems begründet. Unter *Spirogyra Weberi* Kütz. werden nämlich in den neueren Werken Formen zusammengefaßt, die ehedem KÜTZING (1849) — nach ihm auch RABENHORST (1868) — als selbständige Arten aufgestellt hat. Die Zusammenziehung, die auf CLEVE (1868), KIRCHNER (1878) und COOKE (1882—1884) zurückzuführen ist, bringt u. a. KÜTZINGs *Spirogyra* (*Weberi*, leiterförmig kopulierend) und *Rhynchonema* (*diductum, intermedium*, seitlich und leiterförmig kopulierend) unter dem Artnamen „*Weberi* Kütz." zusammen. Die Beobachtungen an Material verschiedenster Herkunft zeigen, daß mit den zurzeit in Verwendung stehenden Bestimmungsschlüsseln Formen von deutlich zweierlei morphologischen und sexualphysiologischen Verhalten unter diesem Namen zusammengefaßt werden. In dem vorliegenden Bericht ist die nur leiterförmig kopulierende Art, also die KÜTZINGsche *Spirogyra Weberi*, gemeint.

gingen die Fadenstückchen infolge Überwucherns von Bakterien zugrunde. Angewachsen sind: der weibliche Faden des 2. Paares, beide Partner des 3. und 4. Paares. Diese wuchsen zu langen Fäden aus, die sich in vielfache Windungen gelegt haben.

Am 16. bzw. am 20. Tage nach der Übertragung wurden nun überraschenderweise normale leiterförmige Kopulationen mit reifenden Zygoten festgestellt, und zwar in 2 Kulturen mit *„rein männlichem“ und in einer mit „rein weiblichem“ Zellenmaterial*. Das überraschende Ergebnis veranlaßte einen nochmaligen gleichen Versuch. Von 10 ebenso angelegten Tochterkulturen ist aber nur ein Faden angewachsen; doch dieser zeigte am 10. Tage nach der Übertragung abermals leiterförmige Kopulation mit unreifen Zygoten. Auch in einer Kultur einer anderen Versuchsserie, die von einem allerdings vegetativen Faden ausgegangen war, wurden Kopulationen mit ausgereiften Zygoten beobachtet.

Nach diesem Versuchsausfall wird man natürlich erwarten *dürfen, daß auch in der Natur gelegentlich Kopulationssituationen* aufgefunden werden, die auf diese neu aufgedeckten Verhältnisse hinweisen. In 2 Fällen beobachtete ich, daß sich ein Faden A zu einem Faden B als weiblich, zu einem Faden C als männlich verhalten hat. Das Auffinden derartiger Kopulationssituationen bei Arten mit seitlicher Kopulation ist im Sinne der HEMLEBENschen Auffassung nicht sonderbar. Von diesem Standpunkt unerklärlich bleibt es aber, wenn derartige Situationen bei einer Art ohne seitliche Kopulation angetroffen werden. Noch auffallender ist dies bei dem 3. in der Natur beobachteten Fall. Hier wechselte die Wanderrichtung der Protoplasten innerhalb desselben Fadenpaares. Schon 1923 habe ich auf Grund dieser Feststellung darauf hingewiesen, daß sich diese Spezies nicht in das HEMLEBENsche Schema einfügen läßt. Da aber damals diese Beobachtungen nur an aus der Natur stammendem Material gemacht waren, so konnte ihnen zunächst keine allzu große Bedeutung beigemessen werden.

Die experimentelle Feststellung zeigt, daß der von HEMLEBEN als Einteilungsgrund für gemischt- und getrenntgeschlechtliche Arten herangezogene laterale Kopulationsmodus als solcher nicht gelten kann. Bei den von mir kultivierten Stämmen von *Spirogyra Weberi liegt trotz des Fehlens des seitlichen Kopulationsvorganges* Gemischtgeschlechtlichkeit vor. Das Verhalten ist zwar, von drei Ausnahmefällen abgesehen, wie das einer getrenntgeschlechtlichen Art; das Mitgeteilte nötigt aber zwingend zur Annahme labiler Sexualität, d. h. die in einem Faden vereinigten Zellen werden offenbar durch physiologische Einflüsse männlich oder weiblich.

Theoretische Erörterungen hier anzuschließen, erscheint zurzeit zwecklos. Erst weitere experimentelle Unterlagen werden ein tieferes Verständnis bringen können. Die Beseitigung einiger methodischer Schwierigkeiten (Mitanwesenheit von Bakterien u. a.), die sich, nach den Erfahrungen an anderen Konjugaten zu schließen, werden umgehen lassen, dürfte einen Fortschritt ermöglichen. Die Gewinnung absoluter Reinkulturen von *Spirogyra* scheint nach Erzielung solcher von *Mesotaenium caldariorum*, *Cosmarium Botrytis* und *Zygnema* sp. nur mehr eine Frage der Zeit zu sein.

Prag II, Viničná 3a, Pflanzenphysiologisches Institut der Deutschen Universität.

Literatur.

CLEVE, 1868, Algfamiljen Zygnemaceae.

COOKE, M. C., 1882–1884, British Fresh Water Algae. London.

CZURDA, V., 1923, Referat im Arch f. Protistenkunde, Bd. 46.

—, —, 1924, Über die Kultur von Konjugaten. Lotos, Prag, Bd. 72.

HARTMANN, M., 1923, Über sexuelle Differenzierung und relative Sexualität. Studia Mendeliana, Brünn.

HEMLEBEN, H., 1922, Über den Kopulationsakt und die Geschlechtsverhältnisse der Zygnemales. Bot. Arch., Bd. 2.

KIRCHNER, 1878, Algenflora Schlesiens. Breslau.

KÜTZING, F. T., 1849, Species Algarum. Leipzig.

—, —, 1855, Tabulae Phycologicae. Nordhausen.

RABENHORST, L., 1868, Flora europea Algarum. Leipzig.

N. Wille

Bericht

über die

am 7. und 8. August 1924 im Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Berlin

abgehaltene

achtunddreißigste Generalversammlung

der

Deutschen Botanischen Gesellschaft.

An Stelle des erkrankten Präsidenten, Herrn G. HABERLANDT, eröffnet Herr C. CORRENS um 9.15 Uhr die Versammlung mit dem einstimmig angenommenen Vorschlag, Herrn G. HABERLANDT das folgende Telegramm zu schicken: „Die Deutsche Botanische Gesellschaft sendet Ihrem Präsidenten verehrungsvolle Grüße und beste Wünsche für eine baldige, völlige Genesung." Er begrüßt sodann die Anwesenden im Namen der Berliner Botaniker und weist auf die von der Direktion des Botanischen Gartens und Museums zur Verfügung gestellten Einlaßkarten hin.

Der Schatzmeister, Herr E. TIEGS, berichtet sodann über die Veränderungen der Mitgliederliste und verliest die Rechnungsablage für das Jahr 1923 [s. S. (20)].

Mit dem Dank an Herrn E. TIEGS für die umsichtige Kassenführung in schwieriger Zeit und an Herrn B. LEISERING für die mühevolle Herausgabe der Berichte wird dem Vorstand Entlastung erteilt.

Der stellvertretende Präsident verliest dann die Namen der seit der letzten Generalversammlung verstorbenen Mitglieder:

ARNOLDI, WLADIMIR (Charkow), 22. März 1924,
ARTARI, A. (Moskau),
BORZI, ANTONIO (Palermo),
BUCHOLTZ, F. (Dorpat), März 1924,
GERHARDT, KARL (Vacha, Rhön), 16. Juni 1922,
HINNEBERG, P. (Altona-Ottensen),

IWANOWSKI, DIMITRI (Rostow),
LINDAU, GUSTAV (Berlin), 23. Oktober 1923,
LÖFFLER, BRUNO (Tharandt i. Sa.), 8. Juni 1924,
NEVINNY, JOSEPH (Innsbruck),
NORDSTEDT, OTTO (Lund), 6. Februar 1924,
OSTERWALD, CARL (Berlin), 13. Dezember 1923,
POLOWZOW, WARWARA VON (Petersburg),
PURIEWITSCH, KONSTANTIN (Kiew),
SCHELLENBERG, H. C. (Zürich), 27. Oktober 1923,
SIEBEN, HUBERT (Bonn), Frühjahr 1923,
STAMEROFF, KYRIAK (Odessa),
TESSENDORFF, FERDINAND (Berlin-Schöneberg), 18. Juni 1924,
DE TONI, GIAMBATTISTA (Modena), 31. Juli 1924,
WARMING, EUGENIUS (Kopenhagen), 2. April 1924,
WILLE, NORDAL FISCHER (Kristiania), 4. Februar 1924,
WIRTGEN, FERDINAND (Bonn), 26. Januar 1924.

Die Anwesenden ehren das Andenken an die Verstorbenen durch Erheben von ihren Plätzen.

Herr O. DRUDE berichtet über die Versammlungen der Dresdener Ortsgruppe der Deutschen Botanischen Gesellschaft und regt an, auch in anderen Städten Ortsgruppen zu bilden.

Anträge an die Generalversammlung liegen nicht vor.

Als Ort der nächstjährigen Tagung wird auf Einladung von Herrn G. TISCHLER und in Uebereinstimmung mit der Freien Vereinigung für Pflanzengeographie und systematische Botanik und der Vereinigung für angewandte Botanik Kiel in Aussicht genommen. Die Tagung soll voraussichtlich im August stattfinden; es wurde aber angeregt, besonders für die Tagungen in Süddeutschland die Zeit um Pfingsten zu wählen. Von Herrn H. FISCHER-Essen werden Stuttgart, Erfurt und Görlitz zur Berücksichtigung bei der Wahl der späteren Tagungsorte vorgeschlagen.

Herr L. WITTMACK legt sodann die 5. Auflage seines Buches über landwirtschaftliche Botanik aus der Kulturtechnischen Bücherei des Verlages P. PAREY, Berlin 1924, und Herr KOLKWITZ einige Zeichnungen von *Botrydium* vor. Herr H. KNIEP weist auf die in den Vorräumen des Hörsaales aufgestellten Ausstellungen der Firmen ZEISS, LEITZ und SEIBERT hin. Schluß der geschäftlichen Sitzung 10 Uhr.

In der sich sogleich anschließenden wissenschaftlichen Sitzung übernimmt Herr K. GIESENHAGEN den Vorsitz. Er erteilt das Wort Herrn F. SCHWARZ zu seinem Vortrage über metachromatische

Färbungen pflanzlicher Zellwände durch substantive Farbstoffe [s. S. (21) bis (38)].

Es folgt ein durch zahlreiche episkopische Demonstrationen von Zeichnungen, Tabellen und Kurven erläuterter Vortrag von Herrn W. RUHLAND (Leipzig) betreffend gemeinsame Untersuchungen[1]) mit Herrn C. HOFFMANN über die Gültigkeit der Ultrafiltertheorie der Plasmahaut für molekular gelöste Stoffe. Die Untersuchungen wurden an der in der Saline von Artern vorkommenden *Beggiatoa mirabilis* ausgeführt, da diese Spezies wegen der hohen Durchlässigkeit ihrer Zelle für solche Versuche besonders geeignet ist. Der eigenartige Aufbau der Zellmembran bei diesem Objekt aus zwei besonderen Schichten, ihre Spannungsverhältnisse und die pelliculaartige, fest mit dem eigentlichen Cytoplasma verbundene und selbst im Aufbau plasmatische Innenmembran wurden beschrieben und die auf diese besonderen Verhältnisse begründete methodische Möglichkeit dargestellt, in etwas anderer Weise als es an gewöhnlichen Objekten mit Hilfe der Plasmolyse geschieht, genaue osmotische Messungen anzustellen, welche die Permeabilitätskoeffizienten der verwendeten Stoffe zahlenmäßig auszudrücken gestatteten. Von besonderer Bedeutung für die Untersuchungen war auch der günstige Umstand, daß der osmotische Überwert der lebenden Zelle über das Salinenwasser, wie sich herausstellte, nur 0.00015 GM., gemessen mit Raffinose, betrug. So konnten auch schwer lösliche und in höheren Konzentrationen schädliche Stoffe in den Bereich der Untersuchungen einbezogen werden.

Die Untersuchung mit anorganischen Stoffen zeigte sogleich die erwähnte ungemein hohe Durchlässigkeit der Zellen. Sie ist aber von der durch die sog. lyotropen Ionenreihen bezeichneten selben Gesetzmäßigkeit beherrscht wie bei den außerordentlich viel weniger permeablen Zellen der gewöhnlichen Objekte, derart, daß der Eintritt der Ionen nach Maßgabe der durch sie bewirkten Quellungserhöhung des Plasmas erfolgt, wobei das Verhalten der binären Elektrolyte sich additiv aus dem der Ionen ergibt. NaCl z. B., das im Salinenwasser reichlich enthalten ist, findet so beim Eindringen in die Zelle fast gar keinen Widerstand und ist in dieser in gleicher Konzentration wie außen vorhanden. Bei Erhöhung der Außenkonzentration wird, wie bei anderen Objekten, die Permeabilität verringert.

---

1) Vgl. W. RUHLAND und C. HOFFMANN in Ber. der sächs. Akad. d. Wissensch., math.-phys. Kl. 74, 1924, S. 47, sowie die demnächst im „Archiv f. wissensch. Botanik" I (1925) S. 1–83 (Verlag SPRINGER-Berlin) erscheinende ausführliche Arbeit.

Von besonderem Interesse dürften indessen die Ergebnisse mit *organischen (meist sicher molekular löslichen) Stoffen* sein, von denen etwa 52 Vertreter aus den verschiedensten chemischen Gruppen mit Erfolg untersucht werden konnten. Es ergab sich aus den für den Permeabilitätskoeffizienten μ erhaltenen Zahlen mit voller Eindeutigkeit, daß nur das Molekulargewicht oder noch besser das nach der KOPPschen Regel berechnete Molekularvolumen über die Aufnahmefähigkeit in die lebende *Beggiatoa*-Zelle entscheidet, daß dagegen die chemische Konstitution, spezielle *Löslichkeitsverhältnisse und andere physikalische Konstanten ohne* allen merklichen Belang dafür waren. Unter den untersuchten Stoffen, deren diosmotisches Verhalten der Vortragende an der Hand von Tabellen und graphischen Darstellungen erläuterte, befanden sich Kohlenhydrate (Tri-, Di-, Monosaccharide, Hexosen, Pentosen), Alkaloide, Glukoside, mehrwertige Phenole, ein- und mehrwertige Alkohole, hydroaromatische Körper, Urethane, Glyzerin, Harnstoff und Derivate derselben usw. Größere Abweichungen von diesem, der vom Vortragenden zunächst für Kolloide aufgestellten Ultrafiltertheorie entsprechenden Verhalten treten nur bei wenigen Aminosäuren (bzw. Amiden) hervor, die möglicherweise mit deren eigenartigen Dissoziationsverhältnissen und entsprechender Beeinflussung des Quellungszustandes des Plasmas zusammenhängen mögen. Der Bereich der Molekularvolumina der untersuchten Stoffe erstreckte sich von Veratrin (720.5) bis Harnstoff (59.2). Auch die (weit größere) Permeabilität toter *Beggiatoa*-Zellen, d. h. also der Zellmembran, konnte zahlenmäßig gemessen werden, sie entspricht ebenfalls völlig der Ultrafiltertheorie. Zu einer eingehenden Behandlung der damit berührten allgemeinen Fragen, z. B. der Rolle der Diffusionsgeschwindigkeit, des Verhaltens anderer Pflanzenzellen, der „kritischen Teilchengröße" (Molek.-Vol.) usw., reichte die zur Verfügung stehende Zeit nicht aus. Der Vortragende betonte nur noch, daß die gefundene Gesetzmäßigkeit mit den theoretisch zu erwartenden statischen Eigenschaften der äußeren Cytoplasmabezirke, gemäß deren kaum noch zu bezweifelnder Gelnatur, und unseren kolloidchemischen Kenntnissen von der Struktur und Durchlässigkeit der Gele überhaupt, völlig in Einklang steht. Diese allgemeinen statischen Eigenschaften des Plasmas oder der Plasmagrenzhaut, welche die Ultrafiltertheorie zu erklären versucht, dürften nur den großen Rahmen bilden, innerhalb dessen noch Raum für das Spiel besonderer physiologischer (Beleuchtung, verschiedene Außenkonzentrationen usw.) Dispositionen und mancher physikalischer und chemischer Besonderheiten des Plasmas sowohl wie der Stoffe vorhanden sein wird.

An der Diskussion beteiligen sich die Herren HUGO FISCHER und V. ÚLEHLA.

Darauf spricht Herr W. ZIMMERMANN über die längs angreifende Schwerkraft und das Sinusgesetz [s. S. (39) bis (52)].

Herr H. GRADMANN hält sodann einen Vortrag über Reizstoffbildung beim geotropischen Reizvorgang.

Auf Grund der Hypothese, daß die bei verschiedenen tropistischen Reizleitungsprozessen nachgewiesenen Reizstoffe nicht bloß bei den weitergeleiteten Reizen, sondern bei allen tropistischen Reizvorgängen eine Rolle spielen, wurden Versuche ausgeführt zunächst mit den vierkantigen Internodien von *Mentha longifolia* und einigen anderen Pflanzen. Die Internodien wurden herausgeschnitten, der Länge nach halbiert und in feuchtem Raum als „Unterhälften“ (Schnittfläche nach oben) oder als „Oberhälften“ (Schnittfläche nach unten) orientiert. Die Entwicklung wachstumfördernder Reizstoffe in den Unterhälften konnte nun dadurch nachgewiesen werden, daß andere, ganze Internodien neben und zwischen die Hälften gelegt und durch Umwicklung mit Faden fest mit ihnen verbunden wurden, nachdem zuvor die Berührungsflächen abgeschabt worden waren, so daß die wassergetränkten Wände der Rindenzellen unmittelbar aneinander lagen. In diesem Falle diffundierten die Reizstoffe aus den Unterhälften in die ganzen Internodien ein und bewirkten hier ein lebhafteres Wachstum immer an der Seite, an der die Unterhälfte anlag, was gewöhnlich in einer Krümmung von der Unterhälfte weg (Konvexseite gegen die Unterhälfte) seinen Ausdruck fand. Die beschleunigende Wirkung der Unterhälften auf das Wachstum ergab sich sowohl beim Vergleich mit der Wirkung von Oberhälften, als auch beim Vergleich mit solchen Hälften, die, senkrecht gestellt, einem senkrechten Stengelstück anlagen. Daß überhaupt im wagerecht liegenden Organ wachstumfördernde Stoffe gebildet werden, läßt sich am einfachsten dadurch nachweisen, daß man zwei ganze Internodien mit geschabten Flächen aneinander bindet und ihr Verhalten bei wagerechter Lage mit dem in senkrechter Lage vergleicht. Gewöhnlich krümmen sie sich dann in senkrechter Lage *aufeinander zu* (Wundreiz), *in* wagerechter *voneinander* weg.

Das Ergebnis wurde bestätigt durch die Feststellung, daß an negativ geotropischen Organen (Hypokotyl von *Lupinus*), die der Länge nach gespalten und horizontal befestigt werden mit horizontaler Spaltfläche, nur die Unterhälfte geotropisch reagiert, während die Oberhälfte entgegen der bisherigen Meinung keine geotropische Reaktion zeigt. Eine solche Reaktion konnte aber auch in den Oberhälften nachgewiesen werden, wenn sie eine Zeitlang mit den

Unterhälften zusammengebunden gewesen waren, und zwar auch dann, wenn dabei zwischen beiden Hälften ein Streifen nassen Filtrierpapiers, nicht aber, wenn ein Streifen Stanniol eingeschaltet worden war. (Ausführliche Arbeit in den Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik, Band 64, 1925.)

In der dem Vortrag folgenden Diskussion sprechen die Herren H. MIEHE, P. METZNER, K. GIESENHAGEN, H. DINGLER und HUGO FISCHER.

Es folgt ein Vortrag von Herrn U. WEBER über das geotropische Verhalten von Haferkeimlingen [s. S. (53) bis (54)].

Darauf wird die Vormittagssitzung um 1 Uhr vom Vorsitzenden geschlossen.

Nach dem gemeinsam im „Alten Krug“ in Dahlem eingenommenen Mittagessen wurde am Nachmittag eine zweite wissenschaftliche Sitzung abgehalten, die von Herrn W. BENECKE als Vorsitzenden um 3.20 Uhr im Pflanzenphysiologischen Institut eröffnet wurde.

Zunächst legt Herr H. HARMS zwei neu erschienene Bände des „Pflanzenreiches“ und die neueste Auflage des Syllabus von ENGLER und GILG vor.

Sodann hält E. LEHMANN einen Vortrag über Keimphysiologische Studien an *Lythrum salicaria* [s. S. (55) bis (60)].

An der sich anschließenden Diskussion beteiligen sich die Herren F. SCHWARZ, M. PLAUT, G. BREDEMANN und HUGO FISCHER.

Es folgt ein Vortrag von Herrn HUGO FISCHER (Essen) über den „Sinn der Mykorrhizen-Bildung“. Der Vortragende führte etwa Folgendes aus:

Jüngst nahm ich mal wieder die bekannte Arbeit von STAHL, die diesen Titel führt, zur Hand (Jahrb. f. wiss. Bot, **34**, 1900, 539—668). Sie kommt bekanntlich darauf hinaus, daß in der Tätigkeit der Mykorrhiza ein Gegengewicht liege gegen zu schwache Wasserdurchströmung, welche, zugleich auf ziemlich nährstoffarmen Böden, eine ausreichende Versorgung der Pflanzen mit Nährsalzen in Frage stelle; diesem Mangel sollen die Wurzelpilze abhelfen. STAHL bringt so viele und so gut durchdachte Belege für seine Theorie, daß wir sie wohl als den Tatsachen entsprechend anerkennen müssen. Doch hat er selbst eine Schwäche dieser Lehre erkannt: an den gleichen Standorten wachsen Pflanzen mit und solche ohne Wurzelpilze durcheinander! —

Man wird die oft geäußerte Meinung, daß die Mykorrhiza der Pflanze organische Kohlenstoffverbindungen zuführe, schwer gänzlich zurückweisen können, zumal in Rücksicht auf die ja auch ver-

pilzte *Monotropa*, die saprophytischen Orchideen *Neottia*, *Coralliorrhiza*, *Epipogon* u. v. a. Vielleicht, ja wahrscheinlich, liegt aber der Wurzelverpilzung noch ein dritter Umstand zugrunde:

Die Erscheinung findet sich vorwiegend bei Pflanzen der Heide und des Moores, also auf nährstoffarmen, doch humusreichen Böden, die entweder ausgesprochen sauer sind oder doch zur sauren Reaktion hinneigen. Auf den meist schwach alkalischen Ackerböden sind Pilzwurzeln äußerst selten. Hier findet bekanntlich eine lebhafte Humuszersetzung statt, welche auf Tätigkeit der Boden-Bakterien beruht. Diese aber vertragen so gut wie ausnahmslos keine freie Säure im Nährboden; in den zur Säurebildung neigenden Böden, wie Heide und Moor, treten sie zurück. Ihre Tätigkeit ist aber ungemein wichtig für die CO_2-Ernährung der grünen Pflanze; es kann kein Zweifel sein, daß Pflanzen, die auf einem CO_2 erzeugenden Boden stehen, damit besser ernährt sind, als solche, welche nur durch den Wind CO_2 zugeführt bekommen, zumal in einem dichten Pflanzenbestand der Wind fast alle seine Wirkung verliert.

In den sauren Böden müssen Pilze diese Rolle der Humuszersetzung und CO_2-Erzeugung übernehmen, und es ist eben nicht verwunderlich, daß, da der Nutzen für beide Teile auf der Hand liegt, sich ein symbiotisches Verhältnis zwischen Pilz und grüner Pflanze ausgebildet hat.

Diese Deutung des Mykorrhiza-Problems beseitigt aber auch jene schon von STAHL selbst betonte Schwierigkeit: es müssen nun nicht notwendig alle Pflanzen jener Standorte mit Wurzelpilzen versehen sein; von deren CO_2-Erzeugung haben auch die Pflanzen mit unverpilzter Wurzel die Nutznießung.

In der Diskussion ergreifen das Wort die Herren HERMANN FISCHER, J. LIESE, F. SCHWARZ, REINAU und V. ÚLEHLA.

Darauf berichtet Herr H. KLEBAHN über folgende von ihm in neuerer Zeit bearbeitete Gegenstände:

1. Stämme von *Pinus silvestris*, die gegen *Peridermium pini* empfänglich sind, und solche, die mehr oder weniger unempfänglich sind. Neue Wirte von *Cronartium asclepiadeum* (*Loasa*-Arten).

2. Neue Versuche, das Gas der Gasvakuolen nachzuweisen.

3. Die Schlauchfrucht des *Heterosporium gracile* und zwei in ihrer Begleitung auftretende Schlauchfruchtformen.

4. Experimenteller Nachweis, daß die in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft XV, 1897, 527 beschriebene Krankheit der *Anemone nemorosa* eine Infektionskrankheit ist.

Herdenweises Auftreten sonderbarer kernloser Gebilde im Phloëm, die bei dem Fehlen anderer Organismen und infolge ihrer wechselnden Gestalten als der vom Boden aus eindringende, als beweglich anzusehende Krankheitserreger angesprochen werden.

Zu Nr. 2—4 wurden mikroskopische Präparate demonstriert. Die ausführliche Bearbeitung von Nr. 1 ist inzwischen in der Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (XXXIV, 1924, 289) erschienen, die von Nr. 3 im vorliegenden Heft [S. (60) bis (71)], die von Nr. 2 und Nr. 4 später, voraussichtlich in unseren Berichten.

Nun ergreift Herr P. METZNER das Wort zu seinem Vortrage über Galvanotaxis bei Bakterien [s. S. (72) bis (79)].

Zum Schlusse hält Herr F. BRIEGER einen Vortrag über Untersuchungen über den Wundreiz [s. S. (79) bis (90)].

Die Sitzung wird um 6 Uhr geschlossen, und es schließt sich eine Besichtigung der Räume des Pflanzenphysiologischen Instituts an; die Führung übernehmen außer dem Direktor des Instituts, Herrn Prof. H. KNIEP, die Herren DDr. P. METZNER, F. HERRIG und A. Th. CZAJA.

Am Freitag, den 8. August, wird die wissenschaftliche Sitzung um 9.25 Uhr von Herrn F. SCHWARZ als Vorsitzendem eröffnet.

Herr E. HEITZ hält einen Vortrag über die Verteilung der Chloroplasten bei der Zellteilung[1]).

Dem Verhalten der Chloroplasten während der Mitose ist bisher keine große Aufmerksamkeit gewidmet worden. Hie und da wurden zwar Beobachtungen gemacht über ein gewisses gesetzmäßiges Verhalten während der Kernteilung, genauere Angaben existieren jedoch nur für Pflanzen mit einem Chromatophor in der Zelle wie *Anthoceros* (NĚMEC, SCHERRER u. a.) und für die Sporo- und Spermatogenese der Moose (SAPĚHIN).

Beim Studium der Regenerationsweise verschiedener Lebermoose fiel vor und während der Zellteilung eine gesetzmäßige Verlagerung der Chromatophoren auf. Die genannten Pflanzen erwiesen sich als sehr geeignete Objekte; die einschichtigen Blättchen ermöglichen die Lebendbeobachtung des ganzen Vorganges. Bei größeren Arten lassen sich hierbei auch Chromosomen und Spindelfasern lebend beobachten.

Bevor eine regenerierende Zelle in Teilung tritt (Abb. 1), wandern sämtliche Plastiden, zugleich sich intensiv teilend, zum

1) Die ausführliche Arbeit erscheint in der Zeitschrift für Zellen- und Gewebelehre. II. 1925.

Kern hin. Während der Prophase werden sie an die Kernpole verlagert, und dadurch wird eine regelmäßige Verteilung auf die Tochterzellen bewerkstelligt. Nach der Zellteilung bleiben die Chromatophoren um die Kerne geschart, und jedesmal, wenn diese zur Teilung schreiten, wiederholt sich die Polwanderung.

Da nicht zu erwarten war, daß nur bei der Rückkehr einer ruhenden Zelle in den embryonalen Zustand solche Verlagerungen stattfinden, wurden embryonale Zellen von Moosen einer genaueren Prüfung unterzogen. Stets zeigte sich auch hier während der Prophase die charakteristische Wanderung an die Kernpole und damit eine regelmäßige Verteilung auf die jungen Zellen.

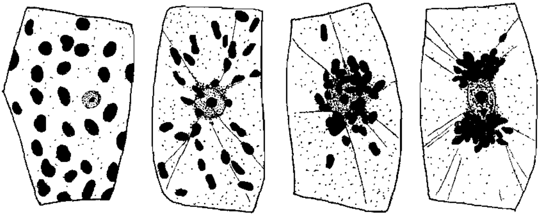


Abb. 1. *Lophocolea bidentata.* Erste Veränderungen einer Zelle beim Beginn der Regeneration.

Dadurch war eine Analogie zum Verteilungsmechanismus der Chromosomen erwiesen, und es fragte sich, ob wie bei diesen vor der Verteilung Verdoppelung der Individuenzahl stattfindet. Bei Zellen mit einem Chromatophor ist das, wie die Untersuchungen von NĚMEC, SCHERRER und SAPĚHIN gezeigt haben, sicher so. Es scheint aber auch, daß in Zellen mit mehreren Chromatophoren diese während der Mitose sich teilen, so daß im Stadium der Äquatorialplatte das Doppelte der für die Zelle typischen Chromatophorenmenge vorhanden ist. Hieraus ergibt sich über das Zustandekommen der erhöhten Chromatophorenzahl bivalenter Organismen eine etwas andere, als die bisher übliche Auffassung. Wenn während der Zellteilung wie die Chromosomen so auch die Chromatophoren in der doppelten Zahl vorhanden sind, so entsteht durch einen Eingriff nach der Methode von GERASSIMOFF eine embryonale Zelle, die nicht nur die doppelte Chromosomen-, sondern auch die doppelte Chloroplastenmenge besitzt.

SAPÈHIN hat gefunden, daß bei den Moosen die Sporenmutterzelle einen einzigen Chromatophoren enthält. Dieser teilt sich während der allotypen Kernteilungen zweimal, so daß an jedem Spindelpol der beiden homoeotypischen Spindeln ein Chromatophor zu liegen kommt, die junge Spore infolgedessen einen Chromatophoren führt. Wird nun (F. V. WETTSTEIN) die homoeotypische Teilung rückgängig gemacht, so entstehen Sporen mit zwei anstatt einem Chromatophor. Wie die Chromosomenzahl ist hier auch die Plastidenzahl mechanisch durch den Eingriff bedingt. Bei einer genetisch festgelegten Teilungsintensität der Plastiden müssen solche Sporen im ausgewachsenen Zustande, ganz unabhängig von ihrer Bivalenz, die doppelte Plastidenmenge führen, und ebenso die Zellen der Moospflanze.

Damit soll nicht behauptet werden, daß in anderen Fällen die erhöhte Chromatophorenmenge nicht die Folge der Bivalenz ist. Schon die *Spirogyra*versuche von GERASSIMOFF beweisen das, ferner wohl auch die durch Sporogonregeneration entstandenen Moosrassen und außerdem die Fälle von Plurivalenz, in denen zugleich auch Vergrößerung der Chromatophoren stattfindet (WINKLER, VAN OVEREEM). Es sollte nur gezeigt werden, daß Erhöhung der Chloroplastenzahl durch die Art des Eingriffs analog herbeigeführt werden kann, wie die Verdoppelung der Chromosomen und nicht unbedingt kausal zu dieser in Beziehung zu stehen braucht.

An der Diskussion beteiligen sich die Herren W. ZIMMERMANN, H. KNIEP, H. KLEBAHN und M. HARTMANN.

Darauf berichtet Herr F. ZATTLER (Stuttgart) über Vererbungserscheinungen bei Hutpilzen.

Bei zwei Basidiomyzeten, *Schizophyllum commune* und *Collybia velutipes*, wurden typisch mendelnde Eigenschaften festgestellt, deren Vererbungsmodus an Kulturen, die auf je zwei sexuell miteinander reagierenden Einspormyzelien zurückgehen, verfolgt wurde. Bei *Schizophyllum* handelt es sich um eine eigenartige Fruktifikationsform, sog. Knäuelfruchtkörper (Myzelverknäuelungen ohne Lamellen aber mit keimfähige Sporen erzeugenden Basidien), deren Vererbung einen einfachen Mendelfall darstellt, wobei die Anlage für Knäuelfruchtkörperbildung rezessiv gegenüber dem Faktor für die normale Fruchtkörperausbildung ist.

Bei *Collybia*, wo die Vererbung der Myzelfarbe (verschieden stark braun gefärbte und rein weiße Myzelien) studiert wurde, handelt es sich um einen dihybriden Mendelfall. Fruchtkörper aus einer Kreuzung rv (rein weißes Einspormyzel) mit RV (inten-

siv braun) lieferten außer den Elterntypen auch noch hellbraune (Rv) und weißbräunliche (rV) Haplonten. Die Zahlenverhältnisse stimmten mit der Annahme dihybrider Vererbung überein, desgleichen der Ausfall geeigneter anderer Kreuzungen. Besonders beweisend ist, daß die in beiden Faktorenpaaren heterozygote Kombination Rv × rV (hellbraun × weißbräunlich) wieder in viererlei Einspormyzelien aufspaltete (außer den Elternhaplonten traten auch noch rein weiße [rv] und intensiv braune [RV] auf).

Durch die Haplodioezie der Versuchsobjekte ist es bedingt, daß in letzterem Falle die erblich verschiedenen Haplonten schon äußerlich ohne weiteres zu unterscheiden sind und somit die Aufspaltung der Anlagen bei der Reduktionsteilung äußerlich direkt nachweisbar ist.

Bei *Collybia* wurde fernerhin die Fähigkeit zur haploiden Fruchtkörperbildung als erbliche Eigenschaft, die nur gewissen Haplonten zukommt, erkannt.

Der Vortragende demonstrierte während seiner Ausführungen eine Reihe seiner Kulturen. (Die ausführliche Arbeit ist inzwischen in der Zeitschr. f. Bot., Bd. 16, 1924, erschienen.)

An der Diskussion beteiligen sich die Herren C. CORRENS und F. v. WETTSTEIN.

Es folgt ein Vortrag von Herrn R. BAUCH über die Physiologie der Kopulation bei den Brandpilzen. Eine ausführliche Arbeit über diesen Gegenstand erscheint in der Zeitschrift für Botanik.

An der Diskussion beteiligen sich die Herren H. KLEBAHN, H. KNIEP und F. SCHWARZ.

Darauf hält Herr P. N. SCHÜRHOFF einen Vortrag über die Kleistogamie bei *Plantago* sect. *Novorbis* und ihre geschlechtsbegrenzte Vererbung, an den sich eine Diskussion schließt, an der sich die Herren W. ZIMMERMANN, H. KLEBAHN, H. HARMS, R. PILGER und B. LEISERING beteiligen. Die Abhandlung ist bereits veröffentlicht in den Berichten 1924, Heft 8, S. 311—321.

Als letzter ergreift in der Vormittagssitzung Herr H. POTTHOFF das Wort zu seinem Vortrage über kopulationsähnliche Vorgänge bei Bakterien.

Bei einer Anzahl von Bakterienarten (*Spirillum photometricum*, *Spirillum rubrum*, *Pseudomonas* spec., *Chromatium Okenii*, *Chromatium Weissei*, *Chromatium violascens*) wurden eigenartige Erscheinungen beobachtet, die sexuellen Vorgängen anderer Organismen ähnlich sehen. Zwei oder eine größere Zahl von Bakterien waren durch Brücken miteinander verbunden. Es wurde festgestellt, wie diese Verbindungsstadien entstanden. Einige Bakterien trugen bläschen-

förmige Ausstülpungen oder auch längere Stäbchen. An diese Stäbchen oder kurzen Knospen legten sich Bakterien an, blieben einige Zeit, etwa 15 Minuten, fest mit den knospentragenden Bakterien verbunden, um sich dann loszulösen. Bei der Trennung wurde die Brücke meist geteilt. Die zytologische Untersuchung ergab stark färbbare, regelmäßig geformte Inhaltskörper in der Brücke. Dauerpräparate von Verbindungsstadien der meisten obengenannten Arten wurden vorgelegt. (Ausführliche Arbeit im Zentralblatt für Bakteriologie II. Abt. 1924, Bd. 61.)

An der sich anschließenden lebhaften Diskussion beteiligen sich Frl. E. SCHIEMANN und die Herren M. HARTMANN, H. KLEBAHN, H. DINGLER, P. N. SCHÜRHOFF, H. KNIEP, J. BUDER und A. BLOCHWITZ.

Darauf wird die Sitzung um 12.15 Uhr geschlossen.

In der Nachmittagssitzung, die um 3.15 Uhr beginnt, führt Herr H. KLEBAHN den Vorsitz. Sie bringt zunächst einen Vortrag von HERMANN FISCHER (München) über neue Forschungsergebnisse über die Anfänge der Floristik in Deutschland.

Man kann über die Anfänge der Floristik in Deutschland verschiedener Meinung sein. Gemeinhin wird man als die ersten Floristen in Deutschland die Väter der Botanik, also die wissenschaftlich arbeitenden Botaniker der Renaissancezeit, ansehen. Dem widerspricht aber das bereits zitierte Zeugnis des Hieronymus BOCK (HERMANN FISCHER in Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1924, Heft 4). Wenn BOCK nur als Reformator einer vormals blühenden Wissenschaft von den Kräutern gelten will, so ist es unsere Aufgabe, diese Blütezeit festzustellen.

Wissenschaftliches Leben entwickelt sich gewöhnlich als Folgeerscheinung hoher politischer Blüte einer Nation, und so sehen wir uns veranlaßt, im 12. und 13. Jahrhundert nach den ersten deutschen Botanikern zu suchen. Die Frage, inwieweit die hl. HILDEGARD (1098—1179) und ALBERT DER GROSSE (13. Jahrh.) als erste Floristen in Betracht kommen, kann wohl dahin entschieden werden, daß bei aller Würdigung der botanischen Kenntnisse HILDEGARDs und ALBERTs über spezielle Botanik doch zu wenig in ihren hinterlassenen Schriften zu finden ist, als daß wir mit diesen Namen die Floristik beginnen lassen können. Bei HILDEGARD sind die persönlichen Kenntnisse über die heimische Pflanzenwelt nur zwischen den Zeilen zu lesen. Wenn man die ausländischen und bekannten inländischen Heilpflanzen, sowie die Gemüsearten und sonstigen Nutzpflanzen der Gärten ausschaltet, dann bleibt in den Pflanzen-

verzeichnissen HILDEGARDs noch eine beträchtliche Anzahl deutscher Pflanzen übrig, die fast sämtlich mit althochdeutschen Namen angeführt sind. Hier spricht nicht übernommene Buchweisheit, sondern selbst erworbenes Wissen. Jedoch ist über diese Pflanzen selbst nichts weiter gesagt.

Wenn nun die Botanik des 12. und 13. Jahrhunderts bisher *in Hinsicht auf unser Problem negative Ergebnisse zeitigte*, so bleibt noch eine zweite Blüteperiode geistigen Lebens in Deutschland vor der Renaissancezeit, nämlich der Aufschwung des bürgerlichen Lebens *im* 15. *Jahrhundert, zu näherer Untersuchung im* Hinblick auf das Thema.

Die botanischen Incunabeln des 15. Jahrhunderts bringen wenig Erfreuliches für die Floristik. Dagegen regt sich jetzt in den Klöstern selbständiges Leben. Ein Beleg dürfte durch die erstmalige Mitteilung über den Herbarius des VITUS AUSLASSER, Ebersberg 1479 (a. a. O. S. 156), gegeben sein. Die liebevolle Beschäftigung mit der einheimischen Pflanzenwelt, die sich hier in Wort und Bild äußert, steht aber in der handschriftlichen Literatur des 15. Jahrhunderts in Süddeutschland nicht einzig da. Eine zweite botanische Traktate enthaltende Handschrift der Münchener Sammlung, Cod. germ. 18782, über die, wie über den AUSLASSERkodex in den Berichten der bayrischen botanischen Gesellschaft eingehend berichtet *werden wird*, enthält ebenfalls *interessante floristische Beiträge*. Abgesehen davon, daß sie ein Glossar zu dem bekannten frühmittelalterlichen Lehrgedicht des MACER FLORIDUS enthält, welches Glossar auch dem VITUS AUSLASSER bekannt war und zum Teil wörtlich in sein Herbar übernommen wurde, findet sich in der Handschrift ein kleiner botanischer Briefwechsel und verschiedene orginelle Pflanzendiagnosen. Der botanische Briefwechsel beweist u. a., daß damals, 1467, im Tegernseer Kloster bereits 6 *Mentha*-arten unterschieden wurden. Die *Physalis Alkekengi*, *Alectorolophus crista galli*, *Verbena* und *Agrimonia* werden anschaulich beschrieben.

Die Glossen der Klosterbotaniker, die den Abschriften älterer botanischer Literatur angefügt sind, sind freilich nur als ein erstes Stammeln über wissenschaftliche Probleme der Floristik anzusehen. Aber gerade diese ersten Pflanzendiagnosen, die mit Tusche nach der Natur gezeichneten, aquarellierten Pflanzenbilder, das Sammeln und in Verzeichnissen geordnete Wiedergeben volkstümlicher Pflanzennamen beweist, daß hier zum ersten Mal in Deutschland eigenes Denken nnd Schaffen auf dem Gebiete der Floristik einsetzt, und daß wir hier die ersten Anfänge dieser Wissenschaft zu suchen haben.

Es folgt ein Vortrag von O. STOCKER über die Transpiration der Nordseehalophyten.

Im Gegensatz zu den Sandstrandböden der Ostsee, deren Salzgehalt sehr gering ist, sind die Böden der Wattküste der Nordsee ausgesprochene Salzböden mit sehr stark wechselndem Salzgehalt. Die sie besiedelnden Pflanzenarten sind deshalb unzweifelhafte „Halophyten", die nach der SCHIMPERschen Theorie der „physiologischen Trockenheit" der Salzböden xerophytische Eigenschaften erwarten lassen sollten. Um die Richtigkeit dieser Theorie, die von V. FABER und dem Vortragenden bereits für andere Standorte widerlegt ist, auch für die Nordseehalophyten zu prüfen, wurden Transpirationsversuche mit eingetopften Pflanzen unter den natürlichen Bedingungen des Nordseeklimas angestellt. Untersucht wurden folgende Arten: *Artemisia maritima, Aster Tripolium, Statice Limonium, Triglochin maritima, Glyzeria maritima, Suaeda maritima* und *Salicornia herbacea* als Halophyten, *Erica tetralix* und *Fragaria vesca* als nichthalophytische Vergleichspflanzen. Die Transpiration auf 1 qm Blattfläche erwies sich im allgemeinen bei den Nordseehalophyten als größer als bei Mesophyten. Es können also gewisse Eigentümlichkeiten im anatomischen Blattbau, wie Sukkulenz und Neigung zur Kleinblättrigkeit, nicht als xeromorphe Einrichtungen gedeutet werden, wie man es bisher nach WARMINGs Vorgang zu tun pflegte. Eine unbefangene Analyse des Blattbaues läßt in der Tat, in Übereinstimmung mit der Transpirationsgröße, keine sicher xeromorphen Merkmale erkennen. Für die Beurteilung des Wasserhaushaltes ist die Berechnung der Transpiration auf 1 kg Wurzelgewicht sehr wichtig. Auch in dieser Beziehung erweisen sich die Halophyten, vor allem die einjährigen Arten, keineswegs als Xerophyten, vielmehr als Meso- bis Hygrophyten. Da der Gesamtwasservorrat an warmen Sommertagen täglich 1- bis 2½mal durch Transpiration umgesetzt wird, spielt auch die Sukkulenz der Strandhalophyten eine ganz andere Rolle wie bei xerophytischen Sukkulenten, z. B. den Kakteen; sie ist nur als täglicher Ausgleich wirksam. Die SCHIMPERsche Xerophytentheorie der Salzpflanzen muß also auch für die Nordsee-Watthalophyten verlassen werden. (Die ausführliche Arbeit erscheint als „Beiträge zum Halophytenproblem II" in der Zeitschrift für Botanik, Band 17.)

An der Besprechung beteiligen sich die Herren O. DRUDE, A. BLOCHWITZ, C. CORRENS, H. KLEBAHN, L. DIELS und R. KOLKWITZ.

Darauf folgt ein Vortrag von Herrn J. LIESE über Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Wurzelholzes der Waldbäume.

Daran schließt sich ein Vortrag des Herrn V. ÚLEHLA über Beiträge zur pflanzenphysiologischen Methodik. Er bespricht an der Hand von Lichtbildern ein *Zimmer* für konstante Temperatur und frische Luft, einen Gartenklinostaten und einen Wachstumsapparat.

Zum Schluß sprach Herr J. GRÜSS über eine Devonalge[1]).

Der Vortragende legte eine Sandsteinplatte vor, welche an der Küste der Magdalenenbai auf Spitzbergen in der Nähe des Gletschers gefunden wurde. An der Hand einer projizierten Abbildung ließ sich zeigen, daß die zahlreiche Pflanzenabdrücke enthaltende Gesteinsplatte nur aus dem Devon stammen mußte. Wie die vorgeführten Diapositive erkennen ließen, rühren die Fossilien von einer Alge her, die ihrer Struktur gemäß *Nematophora fascigera* genannt wurde. Aus den vielen Dünnschliffen, die sich von dem Objekte herstellen ließen, konnte von der Zusammensetzung des Thallus und der Fruktifikationsorgane ein vollständiges Bild gewonnen werden, wie dies durch die dargebotenen Diapositive gezeigt wurde. Von den *Nematophycus*-Arten der englischen Geologen unterscheidet sich die *Nematophora* durch folgende Merkmale:

Im Innern des Thallus sind die röhrenförmigen Zellen zu Bündeln angeordnet. Vereinzelt und sehr zerstreut finden sich Zellen mit Spiralband, wie solche bei den Gymnospermen vorkommen. Die Fruktifikationsorgane hatten Ähnlichkeit mit denen der Fucoiden.

Die Oogonien befanden sich in den Conceptakeln als gestielte Kugeln; die Antheridien, getrennt davon in besonderen Kammern, stellten kleine zylindrisch-konische Körperchen dar, die übereinandergestellt und durch eine Achse verbunden waren.

Da die Alge nicht nur in Form kohliger Abdrücke, sondern auch in Verkieselung erhalten ist, ließ sich vermuten, daß Pilzüberreste noch vorhanden waren, denn die bei diesem Vorgang stattfindende Lösung der Zellwände konnte nur durch Zytase bewirkt werden. Es fanden sich in den Kieselkörnern zwei schon durch ihr Myzel verschiedene Pilze, von denen der eine wegen seiner Ähnlichkeit mit *Trematosphaeria* als *Trematosphaerites intercellularis* bezeichnet wurde. Er wucherte zwischen den Conceptakeln der Alge, wo er auch seine Perithezien ausbildete.

Der zweite Pilz, *Peronosporites destruens*, kam im Thallusgewebe der Alge vor, deren Zellwände er zerstörte. Seine Oogonien waren kugelige Körperchen, teilweise noch mit Myzelfäden, die in ganz

1) Wie die anderen Vortragenden ist auch Herr GRÜSS für das von ihm verfaßte Referat über seinen Vortrag selbst verantwortlich.

gleicher Ausbildung auch in anderem Devonmaterial auftreten, welches in den Sammlungen zu Bremerhaven und Geestemünde aufbewahrt ist. Die Stücke derselben stammten von der Bäreninsel, und zwar waren es hauptsächlich *Archaeopteris*, *Sphenopteridium* und *Bothrodendron*, in denen der Pilz aufgefunden werden konnte.

Schließlich wurde noch auf einigen Diapositiven die Konidienform der Pilze vorgeführt, deren Zellen sich durch hefeartige Sprossung vermehrten. Die weitere Ausführung findet sich in der Schrift des Vortragenden: *Nematophora fascigera* gen. nov., eine Devonalge als Vorläufer der Gymnospermen und ihre Beziehungen zu einer neuen Kohlentheorie auf gärphysiologischer Grundlage. Tauber-Verlag, Berlin-Zehlendorf 1924.

An den Vortrag schließt sich eine kurze Diskussion, an der sich die Herren O. DRUDE und W. ZIMMERMANN beteiligen. Dann wird die Tagung von dem Vorsitzenden, Herrn H. KLEBAHN, um 6.05 Uhr geschlossen.

Es folgte noch die Vorführung einiger Filme, meist botanischen Charakters, darunter eine besonders interessante und wohlgelungene Zeitraffaufnahme von Herrn V. ÚLEHLA, die die eigentümlich schlenkernden Bewegungen wachsender Keimpflanzen in fast grotesker Weise zeigte.

Am Abend dieses Tages, des Freitages, vereinigten sich die Teilnehmer an der Generalversammlung mit ihren Damen im Ratskeller in Friedenau zu einem gemeinsamen Essen an festlicher Tafel, die mit herrlichen Blumensträußen aus dem Dahlemer Botanischen Garten prächtig geschmückt war.

Der Vormittag des folgenden Sonnabends (9. August) war Besichtigungen von Instituten gewidmet. Die Gäste konnten dem Institut für Vererbungsforschung, der Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene und dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie, sämtlich in Dahlem belegen, Besuche abstatten und wurden von den Herren Institutsleitern und Assistenten in liebenswürdigster Weise mit allen Einrichtungen der genannten Anstalten bekannt gemacht. Am Nachmittag wurde ein Ausflug nach Potsdam unternommen; der Park von Sanssouci wurde besichtigt, und eine Dampferfahrt auf der Havel nach Wannsee zeigte unseren auswärtigen Mitgliedern, daß auch die sandige Mark nicht arm ist an landschaftlicher Schönheit.

Als letzte Veranstaltung unserer Tagung fand am Sonntag, dem 10. August und den folgenden Tagen eine Exkursion nach der Niederlausitz statt unter Führung von Herrn Prof. Dr. P. GRAEBNER.

In die Anwesenheitsliste hatten sich folgende Teilnehmer an unserer Generalversammlung eingetragen:

ANDERS, GUSTAV (Charlottenburg).
APPEL, OTTO (Berlin-Dahlem).
BAUCH, ROBERT (Rostock).
BAVENDAMM, WERNER (Sorau N.-L.).
BENECKE, W. (Münster).
BLOCH, ROBERT (Charlottenburg).
BLOCHWITZ, ADALBERT (Berlin).
BREDEMANN, G. (Landsberg a. W.).
BRIEGER, FRIEDRICH (Jena).
BUDER, JOHANNES (Greifswald).
BURRET, MAX (Berlin-Dahlem).
BUSSE, WALTER (Berlin-Wilmersdorf).
CORRENS, CARL (Berlin-Dahlem).
CZAJA, ALPHONS THEODOR (Berlin-Dahlem).
DIELS, L. (Berlin-Dahlem).
DINGLER, HERMANN (Aschaffenburg).
DÖRRIES, WILHELM (Berlin-Zehlendorf).
DRÖGE, ERNST (Berlin).
DRUDE, OSKAR (Dresden-Bühlau).
DUYSEN, FRANZ (Berlin).
ENGLER, ADOLF (Berlin-Dahlem).
FEDDE, FRIEDRICH (Berlin-Dahlem).
FISCHER, HERMANN (München)
FISCHER, HUGO (Essen a. R.).
GASSNER, GUSTAV (Braunschweig).
GEMEINHARDT (Berlin).
GIESENHAGEN, KARL (München).
GRAEBNER, P. (Berlin-Lichterfelde).
GRADMANN, HANS (Erlangen).
GRÜSS, J. (Berlin-Friedrichshagen).
HARDER, RICHARD (Stuttgart).
HARMS, H. (Berlin-Friedenau).
HARTMANN, MAX (Berlin-Dahlem).
HEITZ, EMIL (Greifswald).
HERRIG, FRIEDRICH (Berlin-Steglitz).
HÖSTERMANN, G. (Berlin-Steglitz).
ISSATSCHENKO, BORIS (Petersburg).
KLEBAHN, H. (Hamburg).
KNIEP, HANS (Berlin-Dahlem).
KÖHLER, ERICH (Berlin-Steglitz).
KOLBE, R. W. (Berlin-Dahlem).
KOLKWITZ, RICHARD (Berlin-Steglitz).
KORDES, HERBERT (Berlin-Dahlem).
KRAUSE, KURT (Berlin-Dahlem).
LAIBACH, F. (Frankfurt a. M.).
LEHMANN, ERNST (Tübingen).
LEISERING, BRUNO (Berlin).
LIESE, JOHANNES (Eberswalde).
LOESENER, TH. (Berlin-Steglitz).
LUDWIGS, KARL (Berlin-Steglitz).
MAGNUS, WERNER (Berlin).
MARKGRAF, F. (Berlin-Friedenau).
MELCHIOR, HANS (Berlin-Halensee).
MENZEL, PAUL (Dresden).
METZNER, PAUL (Berlin-Dahlem).
MIEHE, HUGO (Berlin-Lichterfelde).
MILDBRAED, K. (Berlin-Dahlem).
MORSTATT, H. (Berlin-Dahlem).

MÜLLER, CLEMENS (Berlin).
MÜLLER, K. O. (Berlin-Steglitz).
NESSEL, HERMANN (Berlin-Dahlem).
OPPENHEIMER, HEINZ (Ketzin a. H.).
PAPE (Berlin-Dahlem).
PFEIFFER, HANS (Bremen).
PIESCHEL, ERICH (Dresden).
PILGER, R. (Berlin-Dahlem).
PLAUT, MENKO (Hamersleben).
POTTHOFF, HEINZ (Marburg a. L.).
RABBAS, PAUL (Brandenburg a. H.).
REIMERS, HERMANN (Berlin-Steglitz).
ROSSNER, FERD. (Strausberg).
RUHLAND, W. (Leipzig).
SABALITSCHKA, THEODOR (Berlin-Steglitz).
SANDT, WALTER (München).
SCHANDER, R. (Landsberg a. W.).
SCHIEMANN, ELISABETH (Berlin-Lichterfelde).
SCHLUMBERGER, O. (Berlin-Dahlem).
SCHMIDT, OTTO CH. (Berlin-Friedenau).
SCHÜRHOFF, PAUL N. (Berlin).
SCHWARZ, FRANK (Eberswalde).
SEELIGER, RUD. (Naumburg a. S.)
SEIFERT, FRITZ (Vacha a. d. Werra).
SNELL, KARL (Berlin-Steglitz).
STAPP, CARL (Berlin-Steglitz).
STARK, PETER (Freiburg i. B.).
STEYER, KARL (Lübeck).
STOCKER, OTTO (Bremerhaven).
STOPPEL, ROSE (Hamburg).
THOMS, HERMANN (Berlin-Steglitz).
THOST, R. (Berlin-Lichterfelde).
TIEGS, E. (Berlin-Dahlem).
TOBLER, FRIEDRICH (Sorau N.-L.).
UBISCH, GERTA VON (Heidelberg).
ÚLEHLA, VLADIMIR (Brünn).
URBAN, IGN. (Berlin-Steglitz).
VOGT, ERNST (Berlin-Dahlem).
VOIGT, ALFRED (Hamburg).
WARBURG, O. (Berlin).
WEBER, ULRICH (Jena).
WEISSE, ARTHUR (Berlin-Steglitz).
WETTSTEIN, FRITZ VON (Berlin-Dahlem).
WITTMACK, L. (Berlin-Lichterfelde).
ZATTLER, FRITZ (Stuttgart).
ZILLIG, HERMANN (Trier)
ZIMMERMANN, ALBRECHT (Berlin-Steglitz).
ZIMMERMANN, WALTER (Freiburg i. B.).

Als Gäste nahmen an den Verhandlungen teil folgende Damen und Herren: BARTSCH, JOHANNES (Berlin-Wilmersdorf); BEYER, ADOLF (Berlin-Steglitz); BOSE, S. R. (Calcutta); DIELS, GERTRUD (Berlin-Dahlem); EMDEN, FRITZ VAN (Halle a. S.); GOLDSCHMIDT, VICTOR (Berlin); HAMANN, E. (Greiz); HENNIG, BR. (Berlin); JANSTEN, A. H. (Berlin); KERN, HERMANN (Budapest); KNIEP, GERTRUD (Berlin-Dahlem); KÖHLER, ALMA (Berlin-Steglitz); KÖSTLIN, HELMUT (Naumburg); LAUBERT, R. (Berlin-Zehlendorf);

LEWIN, KURT (Berlin-Treptow); MÄCKEL, HANS GEORG (Charlottenburg); MÜLLER, HILDEGARD (Berlin-Steglitz); NAGEL, W. (Frankfurt a. M.); PFEIFFER, LINA (Bremen); PIETSCH, ALBERT (Wensickendorf b. Berlin); PILGER, Frau (Berlin-Dahlem); POETEREN, M. (Wageningen); RAYDT, GERDA (Berlin-Steglitz); ROHWEDEL, M. (Schloetnitz); SCHULZE, BRUNO (Charlottenburg); SCHWARTZ (Berlin-Dahlem); SNELL, ELISABETH (Berlin-Steglitz); STAPP, CHARLOTTE (Berlin-Steglitz); STARITZKY (Berlin); THIERMANN, WILHELM (Berlin); THOST, ELISABETH (Berlin-Lichterfelde); VOGT, GERTRUD (Berlin-Dahlem).

C. CORRENS,
stellvertret. Präsident.

B. LEISERING,
Schriftführer.

Rechnungsablage für das Jahr 1923,

p. 31. 12. 1923 (in Goldmark).

(1 Goldmark = 1 Billion Papiermark.)

		G.-M.
Vortrag aus 1922		0,000 000 261 670,81
A. Einnahmen aus Beiträgen, Bankzinsen, Druckmehrkosten, Stiftungen usw.		1 555,98
B. Ausgaben:		
Berichte Bd. 40, G.-V.-H., Bd. 41, Heft 1—6 und 7 (Ratenzahlung) und Geschäftsbedürfnisse	136,70 G.-M.	
Saldo per 31. 12. 1923	1419,28 „	
	1555,98 G.-M.	1 555,98
Bestand am 1. 1. 1924		1 419,28

C. Vermögen:

	nominal:	
1. Wertpapiere:		
Landsch. Central-Pfandbr.	20 000,—	P.-M.
Zentral-Roggen	10,—	Ztr.
Wertbest. Anl. des Deutschen Reiches	10,—	$
2. Stiftung für das KÖHLREUTER-Denkmal	1,—	£
Wertpapiere	500,—	P.-M.
3. RUDOLF-MARLOTH-Stiftung:		
Wertpapiere	10 500,—	„
4. KARL-HEINZ-THOST-Stiftung:		
Wertpapiere	910 700,—	„
Pr. Kali-Anl.	1 500,—	kg

Voranschlag für das Jahr 1924.

Bestand am 1. Januar 1924		1 419,28 G.-M.
A. Einnahmen aus Beiträgen, Bankzinsen, Stiftungen, Druckmehrkosten usw.		10 330,72 „
		11 750,— G.-M.
B. Ausgaben:		
Berichte Bd. 41, H. 7—10, G.-V.-H. und Bd. 42, H. 1—8	6500,— G.-M.	
Geschäftsbedürfnisse	2000,— „	
Vortrag für 1925 und Reserven	3250,— „	
	11750,— G.-M.	11 750,— G.-M.

Berlin-Steglitz, den 28. Juni 1924.

Der Schatzmeister:
(gez.) E. TIEGS.

Geprüft und richtig befunden:

Berlin-Steglitz, den 28. Juni 1924.

(gez.) R. KOLKWITZ. (gez.) R. W. KOLBE.

Mitteilungen.

(1.) Frank Schwarz: Metachromatische Färbungen pflanzlicher Zellwände durch substantive Farbstoffe. I.

Bekannt ist die Farbenänderung gewisser kolloider Lösungen mit dem Dispersitätsgrade, über welche u. a. namentlich WO. OSTWALD berichtet[1]). So ergibt kolloides Gold mit zunehmendem Dispersitätsgrade folgende subjektive Farben:

(grün) → blau → violett → rot → orange → gelb.

In blauen Lösungen sind demnach die dispersen Teilchen am größten, in gelben Lösungen am kleinsten. Der bekannte Farbenumschlag *roter Goldhydrosole bei der Koagulation in Blau tritt* nach R. ZSIGMONDY[2]) durch flockenartige Vereinigung der Teilchen zu größeren Komplexen ein, gleichgültig, ob Amikronen oder Submikronen sich vereinigen. Die aus Amikronen gebildeten Komplexe können amikronisch bleiben und mehrere hundert Mal kleinere Massen haben als kugelige Teilchen, welche ein rotes Hydrosol ergeben. Wenn es daher auch blaue Goldhydrosole mit kleineren Teilchen geben kann und die Gestalt und die Wachstumsart der Teilchen in Betracht kommt, so ist doch die Teilchengröße in vielen Fällen von großer Bedeutung. Da es sich hier nicht bloß um die Farbe trüber Medien handelt, sondern auch die Lichtabsorption der Teilchen eine Rolle spielt, sind auch die komplexen Brechungskoeffizienten der betreffenden Substanz zu berücksichtigen.

Die gleichen Farbenänderungen wie in Hydrosolen kann man auch bei festen Lösungen finden, wie WO. OSTWALD[3]) am Steinsalz nachgewiesen hat, wo das feinverteilte Alkalimetall, speziell Na, in den Kristallen mit zunehmendem Dispersitätsgrad folgende Farben ergibt:

blau → violett → purpur → rot → orange → gelb (→ farblos).

1) WO. OSTWALD, Über Farbe und Dispersitätsgrad kolloider Lösungen. Kolloidchem. Beihefte II S. 409 ff., 1911. H. FREUNDLICH, Kapillarchemie, 2. Aufl. S. 522—529, 1922. R. ZSIGMONDY, Kolloidchemie, S. 99—108, 1912.

2) l. c. S. 106.

3) WO. OSTWALD l. c. 447.

Für die mikroskopische Technik sind von besonderem Interesse die metachromatischen Färbungen durch Jod. Zu den genannten Farben von Blau bis Gelb kommen hier noch Mischfarben, die man als violettbraun, rotbraun und gelbbraun bezeichnen kann. Ihre Entstehung ist auf verschiedenem Wege möglich:

a) Bei durch Jod gefärbten kolloiden Stärkelösungen soll es sich nach WO. OSTWALD[1]) und W. HARRISON[2]) um Jodhydrosole handeln, welche durch Stärke als Schutzkolloid in analoger Weise wie kolloide Goldlösungen durch Gelatine stabilisiert werden. Ob dies richtig ist, bedarf wohl näherer Untersuchung, da man die verschiedenen Färbungen auch durch Adsorption des Jods durch Stärke erklären könnte.

b) Die Farbe der Stärkekörner wird ohne Änderung des Gefüges der Stärkekörner durch die Umstände bedingt, unter welchen die Adsorption des Jods erfolgt, wie dies schon C. NÄGELI[3]) eingehend gezeigt hat. In organischen Lösungsmitteln wie Paraffinöl, Xylol, Benzol, Alkohol usw. geht die Farbe der Stärke um so mehr von Gelb über Orange (Braun), Rot, Violett nach Blau, je wasserhaltiger die Stärke ist. Ebenso kann man die blaue Farbe nach Violett, Rot, Braun, Orange und Gelb verschieben, je mehr man die Löslichkeit des Jods steigernde Salze, wie Jodkalium, Bromkalium, Rhodankalium zusetzt.

c) Die Farbe des adsorbierten Jods ist schließlich verschieden je nach dem Gefüge des Adsorbens, sei es nun durch Kochen mit verdünnten Säuren veränderte Stärke oder eine Zellwand, die je nach ihrer physikalischen oder chemischen Beschaffenheit sich gelb bis blauviolett färbt.

Stoffe, welche bei der Adsorption beträchtliche Farbendifferenzen ergeben, finden wir nun auch unter den substantiven Farbstoffen oder Salzfarben (Disazo- oder Trisazofarbstoffe, meist Natriumsalze von Benzidin-, Tolidin- und Dianisidinverbindungen). Um jene Stoffe zu finden, welche die einzelnen Zellwandarten stärker verschieden färben, habe ich mein Augenmerk besonders auf solche Farbstoffe gerichtet, welche in der Praxis größere Farbendifferenzen bei der Färbung einerseits von Baumwoll- und Leinengewebe, andererseits von Wolle und Seide ergaben. Am besten geeignet waren blaue Farbstoffe, da hier die Differenzen von Blau über Violett — Purpur — Rot — Orange eventuell bis Gelb gingen, auch einige

1) WO OSTWALD l. c. 462.
2) W. HARRISON, Kolloid-Zeitschr. Bd. IX S. 7, 1911.
3) C. NÄGELI, Botanische Mitteilungen Bd. I S. 251–386, 1862.

violette und schwarze Farbstoffe ergaben gute Resultate, währenc gerade die bjsher am meisten verwendeten roten Farbstoffe diese Gruppe, wie Congorot, Benzopurpurin, Deltapurpurin viel geringer Differenzen, d. h. nur von Rot bis Orange oder Orangegelb ergaben Die Auswahl wurde dadurch beschränkt, daß nur solche Stoff verwendet werden konnten, welche schon in der Kälte hinreichenc intensive Färbungen ergaben, da an dünnen Schnitten bei geringeren Färbungsvermögen die Farbstoffschicht leicht zu dünn wird, un befriedigende Resultate zu erzielen. Bei geeigneter Auswahl vo Farbstoffen erhält man bei der Färbung von Zellwänden ausge zeichnete Resultate, dagegen dürfte die Methode für Protoplasm kaum anwendbar sein. Die Höchstzahl von Farben, die man mi den bisherigen Färbemethoden in einem Präparat unter Kombinatio mehrerer Farbstoffe erzielen kann, übersteigt nicht die Drei zahl. Bei der Adsorption von substantiven Farbstoffen kann ma aber *mit einem einzigen* Farbstoffe, vorausgesetzt, daß *genügen* verschiedenartige Gewebe vorhanden sind, 4—5 Farben erziele und in Dauerpräparaten festhalten. Solche Präparate eignen sic vorzüglich für mikroskopische Demonstrationen, um die gleich artigen Gewebe verschiedener Objekte hervorzuheben. Die Method bietet aber noch weitere Vorteile. Da die Färbung in erster Lini durch das Gefüge der Zellwand, d. h. durch den Zustand, in welcher sich die Wandgele befinden, beeinflußt wird, können wi durch die Färbung auch ein Urteil über diese Zustände gewinner Die chemische Beschaffenheit der Wand kommt erst in zweite Linie in Betracht.

Um eine Übersicht zu gewinnen, erscheint es vorteilhaft, nac dem Gefüge der Zellwand, das die Färbung bestimmt, gewiss Kategorien zu bilden. Obwohl dies auf Schwierigkeiten stößt, ir sofern sich das Gefüge und mit ihm Farbe und Färbungsintensitä verändern kann, so möge doch ein solcher Versuch gemacht werde

1. Zellinwände: Der Farbstoff wird in der Farbe de größten Farbstoffteilchen abgelagert. Hierher gehören die Zell wände, welche nicht oder nur wenig verholzt sind, auch kein fettartigen Stoffe enthalten, so die Wände von Kambiumzeller unverholzten Parenchymzellen und Bastfasern, Kollenchymzeller Reservezellulosezellen. In der Hauptsache bestehen sie aus Zellu lose, Hemizellulose und Pektinstoffen.

2. Ligninwände: Der Farbstoff wird in mittlerer Teilcher *größe abgelagert. Hierher gehören die verholzten Zellwände, sowi* die Verbindungen der Zellulose, wie sie in den Zellulosenitrate und Zelluloseazetaten vorliegen. Aehnlich färben sich auch tierisch

Produkte, wie Wolle und Seide, sowie das Protoplasma, Stoffe, welche zwar chemisch sehr verschieden von der verholzten Wand sind, aber doch ein ihr ähnliches Gefüge aufweisen müssen.

3. Kutinwände: Die Farbstoffe erreichen hier den höchsten Dispersitätsgrad. Ich fasse in dieser Gruppe alle Wände zusammen, welche fett- und wachsartige Substanzen enthalten, also die Kutikula, kutinisierte und verkorkte Membranen.

Als 4. nicht ganz sichere Gruppe könnte man vielleicht noch die Kallinwände aufstellen, welche die Kallinsubstanz der Siebröhren umfaßt. Sie stehen zwischen Zellin- und Ligninwänden, zeigen aber bei der Färbung in saurer und schwach alkalischer Flotte Differenzen gegen die Ligninwandfärbung.

Obwohl die kurzen Kennworte an die chemische Beschaffenheit erinnern, sollen sie mehr ein Ausdruck für das Gefüge darstellen und andeuten, daß sich eine Wand in der Art wie Zellulose, verholzte oder kutinisierte Wände färbt.

Bei gleichbleibender chemischer Beschaffenheit kann das Gefüge und mit ihm die Tinktionsfähigkeit verändert werden. Dies kann z. B. durch mechanischen Druck erfolgen, wie bei den Holzzellen, die sich nach starker Quetschung wie Zellinwände färben. Ebenso färbt sich ein Film von Azetylzellulose, der die Ligninfarbe aufweist, nach Aufquellen in Lösungsmitteln bestimmter Konzentration und Wiederausfällen wie Zellinwände. Korkzellen, die verwittern und dabei eine gewisse Lockerung des Gefüges erleiden, nehmen die Färbung von Lignin- oder Zellinwänden an. Eine Art Lockerung des Gefüges, ohne daß jedoch hierbei die Festigkeit vermindert wird, haben wir auch bei der Mercerisierung von Baumwolle, die sich im mercerisierten Zustande wesentlich stärker färbt als vorher, und zwar ohne wesentliche Änderung der Farbe. Eine solche Verstärkung der Tinktionsfähigkeit findet man auch als Vorstufe vor der Auflösung oder Desorganisation der Membranen.

Die Vorstellung, daß es sich in diesen Fällen nur um eine Lockerung des Gefüges handelt, welche das Eindringen des Farbstoffs und die Bildung von Oberflächenhäutchen erleichtert, ist vielleicht unvollständig und nur zum Teil richtig. Die vermehrte Tinktionsfähigkeit könnte auch durch andere Faktoren bedingt sein, es könnte sich handeln um einen Uebergang von kristallinischen Zuständen zu amorphen oder um eine Vergrößerung der adsorbierenden Oberfläche oder um besondere Beziehungen der kolloiden Wandteilchen zum Lösungsmittel.

Von Bedeutung für die Färbung ist der Wassergehalt resp. der Quellungszustand und die Härte der Wand. Bei zu weitgehendem Wassergehalt, wie z. B. bei gallertig verquollenen Wänden, geht die Adsorptionsfähigkeit für Farbstoffe sehr zurück, und nur wenige Farbstoffe ermöglichen eine genügend starke Färbung. Bei sehr harten und wasserarmen Wänden, wie z. B. bei dem Endosperm von Phytelephas oder den Steinzellen in der Rinde mancher Holzpflanzen, kann die Färbung auf ein Minimum zurückgehen oder auch ganz unterbleiben. Auch Korkzellen und ältere Kutinwände können farblos bleiben. Bestimmte Farbstoffe reagieren besonders gut auf solche Härtedifferenzen.

Wie man sieht, ist die verschiedene Adsorptionsfähigkeit für *substantive Farbstoffe ein sehr gutes Mittel, um die Beschaffenheit* der Zellwände zu beurteilen. Auch kann man die bei der Entwicklung der Gewebe sich ergebenden Veränderungen, ebenso die *Auflösung der Wände bei Einwirkung von Enzymen* gut verfolgen. Desgleichen ist die Methode zur Beobachtung der an kutinisierten Zellen sich abspielenden Veränderungen sehr brauchbar, besonders, wenn man sie durch die Anwendung eines hierzu besonders geeigneten basischen Farbstoffs, des Cerasinblau I (Casella) ergänzt. Allerdings kann nicht ein einziger Farbstoff alle verschiedenen Veränderungen gleich gut zeigen, da manche mehr für Zellin- oder Ligninwände, andere besser für Kutinwände verwendbar sind und einzelne Farbstoffe spezifische Leistungen aufweisen. Es ist daher notwendig, die richtige Auswahl zu treffen.

Als Beispiel für die verschiedene Wirkung der Farbstoffe möge die folgende Tabelle dienen, welche die Färbung verschiedener Gewebe der Sproßachse und des Blattes von *Ilex aquifolium* durch einzelne Vertreter der von mir gebildeten 10 Farbstoffgruppen wiedergibt.

Die Farben wurden mit Hilfe von BAUMANNs neuer Farbentonkarte[1]) bestimmt, welche für solche Zwecke sehr gut geeignet ist. Die Hauptfarben und ihre Zwischenstufen sind ohne weiteres verständlich. Es bedeutet:

G = Grün	R = Rot
B = Blau	O = Orange
V = Violett	CO = Übergang zu
P = Purpur	C = Citronengelb.

1) Verlag von P. BAUMANN, Aue in Sachsen.

Farbstoffgruppe	Farbstoff	Blatt Hypoderma	Sproßachse Jungholz	Blatt Sklerenchymbündel	Sproßachse vorjähriger Ring Xylem
I	Brillantcongoblau 2 RW	1167 5 B-Bv	1269 4 V-Vp	197 3 Pr	232 2 Rp
I	Chicagoblau 4 R	1137 8 2·3 B	1283 4 Vp	1284 5 Vp	233 3 Rp
II	Diaminschwarz BH	1149 6 B_1	1176 6 B-Bv_2	1240 4 V-Vb	1253 2 V
III	Diaminblau 2 B	1137 2 B	1149 6 B_1	1172 3 6 B-Bv_1	1145 2 B_1
IV	Diaminblau RW	1095 2 Bg	1122 3 B-Bg	1122 3 3-4 B-Bg	fast farblos
IV	Dianildunkelblau R	1094 1 Bg	1214 1 Vb	1214 1 Vb	331 1 Ro_2 schwach orange
V	Dianilschwarz N	1223 2Vb_1	1282 3Vp	1253 2 V	247 2 Rp_2
V	Columbiaschwarz FF extra	1159 3 B_3 blaugrau	24 5 9 Rp_4 violettgrau	295 5 R_3 trübrötlich	401 3 O-Or_1 mattorange
V	Sambesischwarz D	111 2 Bgg_4 blaugrau	schwarz	19 10 Pr_3 grauschwarz	530 5 CO_1 bräunl. gelb
VI	Azoviolett	1254 3 V	1312 3 Pv	371 5 Or_1	368 2 Or_1
VII	Rosazurin B	219/20 2-3 Rp-Pr	349 4 Ro-Or	397 3 O-Or	417 2 O_1
VII	Diaminviolettrot	234 4 Rp	322 6 Ro	321 5 Ro	319 3 Ro
VIII	Brillant-Congo G	272 1 R	366 5 Or	366 5 Or	363 2 Or
IX	Diaminbronze G	87 2 Gcc_7 grau	578 4 Co-CO_4 graubraun	575 3 Co-CO_3 gelblichbraun	593 3 Co_1 gelb
IX	Diazobraun G	1159 3 B_3 matt hellblau	406 8 O-Or_2 dunkelbraun	409 7 O-Or_3 dunkelbraun	416 5 O braunorange
X	Diamingrün HS	963 2 Gb_1	951 6 G_2	897 3 Gc-Gcc_2	722 2 Cg

Sproßachse Rinde Steinzellen	Sproßachse *Epidermis* Kutin jung	Sproßachse *Epidermis* Kutin alt	**Blatt 2jährig** *Epidermis* Innenschicht	**Blatt 2jährig Epidermis** Außen-schicht
280 2 R_1	235 5 Rp	272 1 R	276 5 R	fast farblos
280 2 R_1	376 4 Or_2	413 2 O	192 6 P_1	413 2 O
fast farblos	294 3 R_3 trüb violett	*fast farblos*	1234 5 Vb_1 grau	farblos
fast farblos	schwach rosa	schwach rosa	1181 3 Bv	farblos
farblos	1314 5 Pv	275 4 R	192 6 P_1	273 2 R
fast farblos	366 5 Or	365 4 Or	420 5 O_1 trüb orangebraun	399 5 O-Or
272 1 R	415 4 O	467 2 Oc	247 2 Rp_2	522 1 CO
362 1 Or hellorange	361 10 Ro-Or_2 fast schwarz	467 2 Oc hellorange	314 6 R-Ro_3 trübviolett	467 2 Oc hellorange
596 3 Co_2 gelb	356 8 Ro-Or_1 rotbraun	400 6 O-Or orangerot	345 9 Ro_4 braunviolett	453 4 O-Oc orange
396 2 O-Or	399 5 O Or	414 3 O	365 4 Or	452 3 O-Oc
467 2 Oc	326 4 Ro_1	466 1 Oc fast farblos	365 4 Or	527 2 Co_1 fast farblos
362 1 Or	399 5 O-Or	453 4 O-Oc	365 4 Or	454 5 O-Oc
fast farblos	468 3 Oc	565 2 Co-CO	416 5 O	565 2 Co-CO
586 1 Co hellgelb	367 6 Or rotorange	523 2 Co gelb	469 4 Oc orange	592 2 Co_1 gelb
507 4 OO-Oc orangegelb	335 9 Ro_2 dunkelbraunrot	351 6 Ro-Or rot	355 6 Ro-Or_1 rotbraun	400 6 O-Or orangerot
653 1 C	769 4 Og-Ogg_1	653 1 C	832 4 Ogg-Gcc	654 $1^1/_2$ C

Die Zahl links vom Farbensignum bedeutet die Intensität (1 die geringste), die Zahl rechts vom Signum bedeutet den Grad der Abstumpfung der Farbe durch Beimischung von schwarz und grau. Die so entstehenden Farben sind nicht immer ohne die Farbentafel zu verstehen, in welchem Falle ich noch eine annähernde Bezeichnung der Farbe beigefügt habe. Die erste Zahl ist die fortlaufende Nummer der Farbentonkarte.

(2.) Frank Schwarz: Metachromatische Färbungen pflanzlicher Zellwände durch substantive Farbstoffe. II.

Im folgenden soll nur eine Übersicht über die hauptsächlichsten Wirkungen der von mir an vielen Objekten geprüften Farbstoffe gegeben werden, vorbehaltlich einer späteren genaueren Darstellung. Die für mikroskopische Untersuchungen besser geeigneten Farbstoffe sind durch den Druck hervorgehoben. Die den Farbstoffen in Klammern beigefügten Buchstaben geben die Firmen[1]) an, von denen ich die Farbstoffe erhielt. Für die mir hierdurch zuteil gewordene Unterstützung möchte ich auch an dieser Stelle meinen ganz ergebensten Dank aussprechen.

I. Gruppe: Blaue Farbstoffe.

1. Brillantcongoblau 2 RW (A)
2. Oxaminblau 4R (B)
3. Diaminheliotrop O (C)
4. Diaminblau 3R (C)
5. Chicagoblau 4R (A)
6. Chicagoblau 2R (A)
7. Benzoazurin G (By)
8. Dianilazurin G (M)
9. Oxydiaminblau G (C)
10. Azoblau (A, By)
11. Diaminbrillantblau G (C)
12. Benzoazurin 3G (By)
13. Congoblau 2B (By)

Zellinwände: blau bis violett,
Ligninwände: violettpurpur, purpur, rot,
Kutinwände: rot und rotorange,
Farbendifferenz Zellin gegen Lignin beträchtlich,
Farbendifferenz Lignin gegen Kutin gering.

---

1) A, Akt.-Ges. für Anilin-Fabrikation, Berlin.
B, Badische Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen a. Rh.
By, Farbenfabriken vorm. FRIEDRICH BAYER & Co., Leverkusen.
C, LEOPOLD CASELLA & Co., Frankfurt a. M.
M, Farbwerke vorm. MEISTER, LUCIUS & BRÜNING, Höchst a. M.

Gruppe I umfaßt die blauen Farbstoffe, welche sehr auffallende Farbendifferenzen zwischen Zellin- und Ligninwänden ergeben. Bei den unverholzten Hypodermzellen (vgl. Tabelle, Brillantcongoblau 2RW) und ebenso bei den Kambiumzellen geht die Farbe am weitesten nach Blau. Der Übergang zur purpurroten und roten Ligninfärbung (Steinzellen) ist ein allmählicher, je nach dem Grade der Verdichtung, welche mit der Verholzung verbunden ist. Die Kutinwände der Epidermiszellen färben sich in der Jugend wesentlich stärker als im älteren Zustande, aber rot wie die Steinzellen. Bei zu starker Verdichtung wird nur noch wenig Farbstoff aufgenommen.

Alle Farbstoffe dieser Gruppe zeigen analoge Farbenverschiebungen, wenn auch die Nuancen im einzelnen etwas wechseln und die Farbstoffe etwas verschieden auf den Grad der Wandverdichtung reagieren.

Zu mikroskopischen Färbungen wird man hier wie bei den anderen Gruppen besonders jene Farbstoffe bevorzugen, welche die dünnen und unverholzten Wände stark färben, da bei schwächer tingierenden Farbstoffen gerade diese Wände leicht zu hell erscheinen. Ich empfehle daher besonders Brillantcongoblau 2RW und Oxaminblau 4R. Auch Diaminheliotrop O färbt stark, aber die violette Zellinfärbung weicht nicht so stark von der Ligninfärbung ab. Chicagoblau 4R färbt zwar die dünnen Zellinwände schwächer, dafür aber die Kutinwände intensiver und etwas weiter nach Orange gehend.

Außerdem ist noch die Erhaltung der Färbekraft der Lösungen zu berücksichtigen, die bei Nr. 7—10 leichter zurückgeht. Unzuverlässig ist auch Azoblau, das, von GRÜBLER in Leipzig bezogen, ganz ungenügend färbte, während die von den Farbwerken BAYER und der Akt.-Ges. für Anilinfabrikation bezogenen Farbstoffe wenigstens in frisch bereiteten Lösungen gute Resultate ergaben. Nr. 11—13 sind als zu schwach färbend auszuschließen.

II. Gruppe: Blaue Farbstoffe.

14. Diaminblau BX (C)
15. Oxaminblau B (B)
16. Brillantcongoblau B (A)
17. Columbiablau G (A)
18. Diaminschwarz BH (C)
19. Benzoindigoblau (By)
20. Brillantcongoblau BFL (A)
21. Brillantcongoblau 5R (A)
22. Benzoschwarzblau G (By)
23. Brillantazurin 5G (By)

Zellinwände: blau,
Ligninwände: violett bis purpurviolett,

Kutinwände: jung violett in verschiedenen Nuancen, dicht farblos,
Farbendifferenz Zellin gegen Lignin mäßig,
Empfindlich für Dichte.

Die Differenz zwischen Zellin- und Ligninfärbung ist hier wesentlich geringer als bei Gruppe I, die Zellinwände sind blau gefärbt, die Ligninfärbung ist zumeist violett und erreicht nur zum Teil Violettpurpur (Pv) und selten Rotpurpur (Pr), so besonders bei Nr. 14 und 15.

Die Farbstoffe dieser Gruppe sind besonders dort verwendbar, wo es sich um die Feststellung der Dichte der Ligninwand handelt. Sehr dichte Wände bleiben vollständig farblos. Als Beispiel möge die Stammrinde von *Fagus silvatica* angeführt werden, in welcher eine Sklerotisierung des Rindenparenchyms und die Bildung von Steinzellen leicht zu beobachten ist.

Oxaminblau BX:	Rindenparenchym	1165	3B—Bv
	dsgl. sklerotisiert	1205	5Bv—Vb
		1298	4Vp—Pv
	Steinzellen mäßig dicht	1313	4Pv
	dsgl. stark verdichtet farblos.		

Ebenso tritt bei Quetschung, d. h. Lockerung des Holzes nicht nur eine Verstärkung der Färbung, sondern auch ein Wechsel nach blau ein. So z. B. bei dem Holz von *Fraxinus*:

Columbiablau G	Holzfaser nicht gequetscht	1268	3V—Vp
	dsgl. gequetscht	1194	$8Bv_1$

Bei den Kutinwänden bestimmt die Dichtigkeit gleichfalls die Farbe. Die jungen Wände zumeist violett in verschiedenen Nuancen, seltener ins Rötliche oder nach Braun gehend. Ältere und dichte Kutinwände farblos. Bei Verwitterung und Zersetzung geht die Farbe wieder nach Violett. Korkzellen erscheinen oft von Natur aus schwach gelblich, durch die Farbstoffe dieser Gruppe werden sie jedoch nicht gefärbt.

Am stärksten färben Columbiablau G und Diaminschwarz BH, während der Vorzug von Brillantcongoblau BFL in einer manchmal auftretenden feineren Nuancierung von Dichtigkeitsgraden bei Ligninwänden liegt.

III. Gruppe: Blaue Farbstoffe.

24. Congoechtblau B (A)
25. Diazoblauschwarz (By)
26. Diaminblau 2B (C)
27. Diaminblau 3B (C)
28. Dianilblau B (M)
29. Dianilblau R (M)
30. Chicagoblau 6B (A)

Zellinwände: blau,
Ligninwände: blau,
Kutin: blau oder farblos,
Farbendifferenzen gering, empfindlich für Dichte.

Die Farbstoffe dieser Gruppe ergeben nur sehr geringe Farbendifferenzen, indem das Blau der Ligninwände nur wenig nach Blauviolett nuanciert ist. Dagegen ist die Dichtigkeit des Gefüges von gleich deutlichem Einfluß wie bei den Farbstoffen der Gruppe II.

IV. Gruppe: Blaue Farbstoffe.

31. Diaminblau RW (C) = Chicagoblau RW (A)
32. Dianildunkelblau R (M)
33. Dianilechtblau GL (M)

Zellinwände: blau,
Ligninwände: blau resp. trübviolett bis Ocker,
Kutinwände: rot oder orange, stark gefärbt.

Während durch die Farbstoffe der Gruppen II und III die sehr dichten Wände, gleichgültig ob sie verholzt oder kutinisiert sind, nur wenig oder gar nicht gefärbt werden, ergeben die Farbstoffe der Gruppe IV nur mit Kutinwänden auffallende Färbungen. In Diaminblau RW werden Zellin- und Ligninwände je nach dem Gefüge verschieden intensiv blau, meist schwach gefärbt, die Kutinwände dagegen auffallend purpur oder rot. Dianildunkelblau R färbt Zellinwände blau und violettblau, Ligninwände auch violett oder mattorange bis farblos, dagegen Kutinwände lebhaft orange (vgl. Tabelle). Dianilechtblau GL verhält sich ähnlich, färbt aber zu schwach.

Da wir bei Gruppe IV nicht die gleichen Übergangsstufen haben wie bei Gruppe I und II, die Kutinfärbung auch stark abweicht, möchte ich annehmen, *daß hier ein Farbstoffgemisch vorliegt*, dessen eine Komponente ein blauer Farbstoff auf die Dichtigkeit der Wand ähnlich wie Gruppe III reagiert, dessen andere Komponente aber ein lipoidlöslicher roter oder orange Farbstoff ist, der die fettartigen Körper tingiert, etwa wie Sudan III. Wenn die substantiven Farbstoffe auch langsamer färben als Sudan III, so haben sie doch den Vorteil, daß sie in wässeriger Lösung angewendet werden.

V. Gruppe: Schwarze Farbstoffe.

34. **Dianilschwarz R (M)**
35. Dianilschwarz N (M)
36. Naphtogenblau 2 R (A)
37. Columbiaschwarz FF extra (A)
38. Oxydiaminschwarz 2 R (C)

39. Sambesischwarz D (A)
40. Sambesischwarz OBA (A)
41. Columbiaschwarz EA extra (A)
42. Columbiaechtschwarz V extra (A)

Zellinwände: schwarzblau, grau, mattviolett,
Ligninwände: schwarzviolett, orange, braun, gelb,
Kutinwände: rotbraun, orange, gelb,
Farbendifferenz Zellin gegen Lignin verschieden, Kutin stark gefärbt.

Die Farbstoffe dieser Gruppe ergeben graue oder matte und gedämpfte Farben, die bei starker Färbung in Schwarz übergehen. Dabei macht sich aber eine Farbenänderung geltend, welche der bei Gruppe I gegebenen Richtung blau — violett — purpur — rot — orange — gelb entspricht, nur daß diese Farben gewissermaßen durch Beimengung von Grau oder Schwarz in Trübviolett, Braun, Ocker usw. verwandelt sind (vgl. Tabelle). Bei Nr. 40—42 überwiegt das Grau, sie sind deshalb für Differenzierungen nicht zu gebrauchen.

Die Farbstoffe dieser Gruppe eignen sich gut zur Färbung von Zellinwänden, die je nach dem Gefüge mehr oder weniger intensiv gefärbt werden. Mit der verschiedenen Intensität kann zugleich eine Farbendifferenz auftreten wie bei Dianilschwarz N und R, durch welche z. B. unverletzte Rindenparenchymzellen hellblau, gequetschte dagegen wie Kambiumzellen schwarz gefärbt werden. Die Färbung der Ligninwände ist stark von ihrer Dichtigkeit abhängig, wobei sehr harte Wände weit nach Orange und Gelb gehen und nur selten farblos bleiben. Einer bei Nr. 37—39 leicht *eintretenden zu starken Färbung kann durch kürzere Färbungsdauer abgeholfen werden.* Sehr gut ist die Kutinfärbung, die auch gute Differenzen zwischen jungen und alten Wänden aufweist. Für schwer tingierbare Korkzellen ist besonders Sambesischwarz D, sowie auch Oxydiaminschwarz 2R geeignet.

VI. Gruppe: Violette Farbstoffe.

43. Sambesiviolett R (A)
44. Azoviolett (By)
45. Oxydiaminviolett B (C)
46. Diaminviolett N (C)

Zellinwände: violett, purpurrot,
Ligninwände: rot bis orange,
Kutinwände: rot, orange, gelborange,
Farbendifferenz Zellin gegen Lignin mäßig,
Farbendifferenz Lignin gegen Kutin gering.

Die Veränderung der Farbe geht in der gleichen Richtung wie bei Gruppe I, aber die Farbendifferenzen sind geringer, da die violette bis purpurne Färbung der Zellinwände sich von der Rot-

und Orangefärbung der Ligninwände weniger unterscheidet und auch die Kutinwände nicht stark von den Ligninwänden abweichen.

VII. Gruppe: Rote und gelbe Farbstoffe.

47. Rosazurin B (By)	53. Congorot (By)
48. Rosazurin G (By)	54. Bordeaux COV (A)
49. Diaminviolettrot (C)	55. Congorubin (A)
50. Dianilfuchsin O (M)	56. Toluylenorange (A)
51. Congo Corinth G (A)	57. Hessisch Gelb (By)
52 Benzopurpurin 10B (A)	

Zellinwände: rot, orange, gelb,
Ligninwände und Kutinwände wenig different.

In dieser Gruppe sind rote bis gelbe Farbstoffe vereinigt, *welche die Zellinwände mehr weniger stark färben.* Farbendifferenzen bei Nr. 54—57 sehr gering, bei den übrigen Farbstoffen *hauptsächlich als verschiedene Nuancen von Rot ausgebildet.* Die stärkste Abweichung nach der gelb-orange-Seite weisen die harten *Lignin- und dichten Kutinwände auf.* Die relativ stärksten Farbendifferenzen ergibt Rosazurin B, während Diaminviolettrot im all*gemeinen stark färbt.*

VIII. Gruppe: Rote, gelbe, braune Farbstoffe.

58. Heliotrop 2B (By)	62. Brillantgelb (By)
59. Bordeaux extra (By)	63. Chrysamin R (By)
60. Brillantcongo G (A)	64. Baumwollbraun A (C)
61. Baumwollrot S (B)	65. Baumwollbraun N (C)

Diese Gruppe unterscheidet sich von der vorhergehenden durch schwächere Färbung der Zellinwände. Farbendifferenzen wie bei Gruppe VII, am stärksten bei Nr. 58. Nach der Farbstofftabelle von G. SCHULTZ, 5. Aufl., S. 106, ist Bordeaux extra (By) identisch mit Bordeaux COV (A), doch färbt letzteres entschieden stärker. Baumwollbraun A und N verhalten sich wie basische Farbstoffe, die Zellinwände nur schwach, Lignin- und Kutinwände aber stark, jedoch in annähernd gleicher Farbe färben. Baumwollrot S färbt sehr schwach.

IX. Gruppe: Braune Farbstoffe.

66. Diaminbronze G (C)	69. Dianilbraun 5G (M)
67. Benzograu (By)	70. Dianilbraun M (M)
68. Diazobraun G (By)	

Zellinwände: verschieden,
Ligninwände: rot, braun, orange bis gelb,
Kutinwände: rot, braun, orange bis gelb.

Die Verhältnisse bei den braunen Farben sind ziemlich kompliziert, insofern die Braunfärbung sowohl durch einen braunen Farbstoff als durch ein Gemisch von verschiedenen Farbstoffen erzielt werden kann, wobei es sich sowohl um eine Trübung und Abstumpfung von Orange und Gelb als auch um eine Mischfarbe von Blau, Rot und Gelb handeln kann. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß bei intensiver Gelbfärbung das Gelb in Rot übergeht.

Das wegen seiner starken Tinktionsfähigkeit gut verwendbare Diazobraun G ist wohl eine Farbenmischung. Es färbt Zellinwände zumeist blau oder trübblau, Ligninwände braun oder bei großer Dichte orangegelb. Kutiuwände und Kork werden stark gefärbt uud zwar rot his orange. Eine besondere Eigentümlichkeit des Diazobraun ist die verschiedene Färbung gequollener Stärkekörner, die braun gefärbt werden, während die ungequollenen Körner nach längerem Verweilen in der Farbstofflösung blau werden.

Diaminbronze G färbt Zellinwände grau, das bei Ligninwänden je nach Dichte über Graubraun nach Gelb geht. Kutin wird je nach der Intensität der Farbe rotorange bis orangegelb. Die übrigen Farbstoffe ergeben analoge, jedoch nicht so auffallende Farbenunterschiede.

X. Gruppe: Grüne Farbstoffe.

71. Diamingrün HS (C)
72. Aminschwarzgrün B (A)
73. Dianilgrün G (M)

Zellinwände: blaugrün, trübgrün,
Ligninwände: blaugrün, gelbgrün, gelb,
Kutinwände: gelhgrün, gelb.

Während bei den blauen Farbstoffen die Abweichung von Blau über Violett, Rot, Orange nach Gelb geht, findet bei den grünen Farbstoffen ein direkter Übergang von Blaugrün über Gelbgrün nach Gelb statt, wobei die einzelnen Farben mehr oder weniger getrübt sein können.

Die Färbung der Zellin- und Ligninwände unterscheidet sich zumeist nur wenig, das Grün der Zellinwände ist mehr blau, das Grün der Ligninwände mehr gelb nuanciert. Erst bei sehr dichtem Gefüge der Lignin- und Kutinwände tritt Gelbfärbung an Stelle der Grünfärbung und können sich hieraus sehr auffallende Differenzen ergeben.

Färbungsmethode.

Zum Färben wurden besonders mit dem Gefriermikrotom hergestellte Schnitte oder Handschnitte von frischem Material verwendet, doch gibt Alkoholmaterial die gleichen Resultate. Es

empfiehlt sich, die Schnitte nicht allzu dünn zu machen, da manche Wände nur wenig Farbstoff aufnehmen und sehr dünne Farbstoffschichten weniger deutliche Farbenunterschiede ergeben, die außerdem noch stärker von der Beleuchtung — blauer Himmel oder helle weiße Wolken — abhängig sind.

Die Schnitte wurden zumeist kurze Zeit mit verdünnter JAVELLEscher Lauge behandelt, um die Wände zu bleichen und den Zellinhalt zu beseitigen. Bei wenig gefärbten, verholzten oder kutinisierten Wänden ist eine Behandlung mit Eau de Javelle nicht erforderlich; diese ist jedoch unbedingt notwendig, wenn es sich um ungenügend fixiertes Material handelt, das von Inhaltsresten durchtränkt oder gelblich und bräunlich gefärbt ist, was besonders bei Zellinwänden zu ungenügenden Färbungen führt.

Die zum Bleichen verwendete JAVELLEsche Lauge darf nur sehr verdünnt sein (etwa 0,1—0,2 % wirksames Chlor enthaltend) und darf nur kurze Zeit, etwa 5—10 Minuten, einwirken, bis eine annähernde Bleichung erreicht ist. Stärkere Laugen oder längere Einwirkung sind zu vermeiden, einerseits weil sonst die aus unverholzten Geweben bestehenden Schnitte leicht beim Färben zerfallen, andererseits weil durch längere Einwirkung des Kaliumhypochlorits die Zellulose in Oxyzellulose verwandelt wird und Oxyzellulose sich mit den substantiven Farben nur noch schwach anfärbt. Durch die Einwirkung der JAVELLEschen Lauge können zwar jene Stoffe zerstört werden, welche die Phloroglucinreaktion ergeben, doch hat dies für die Färbung mit substantiven Farbstoffen keine Bedeutung.

Nach der Behandlung mit Eau de Javelle sind die Schnitte mit Wasser oder Alkohol gut auszuwaschen, eventuell kann man auch ein kurzes Bad von 5 % Natriumthiosulfat einschieben, um die in der Wand enthaltenen Chlorreste zu entfernen und darauf mit Wasser oder Alkohol auswaschen.

Sich schwach färbende Wände können durch Behandlung mit sehr konzentrierter Kalilauge (ca. 30 %) zu stärkerer Färbung gebracht werden, doch kann sich hierbei auch die Farbe verändern, so z. B. bei den Farbstoffen der Gruppe I.

Gefärbt wurde durchwegs in konzentrierten wässerigen Lösungen des Farbstoffs, denen noch etwas Glaubersalz beigefügt wurde. Zumeist wurden 0,75—1,0 g Farbstoff unter Erwärmen auf dem Wasserbade in 67 ccm destilliertem Wasser gelöst und nach dem Erkalten 33 ccm einer 6 % Lösung von kristallisiertem schwefelsaurem Natrium hinzugefügt. Der wirkliche Salzgehalt der Farbstofflösung ist hierdurch nicht bestimmt, da die gelieferten

Farbstoffe immer schon von der Fabrikation her oder aus nachträglichem Zusatz gewisse Mengen von Salzen enthielten. Bei einzelnen schwer löslichen Farbstoffen wurde nur 0,25—0,5 g Farbstoff auf 100 ccm Wasser genommen.

Frisch bereitete Farbstofflösungen färben am besten, doch ist der Unterschied gegen 1—2 Jahre alte Lösungen zumeist nicht groß, wenn sich nicht zuviel Farbstoff als Bodensatz abgesetzt hat. Konzentrierte Lösungen von Diaminblau 3 R ohne Glaubersalzzusatz färbten auch nach 6 Jahren noch sehr kräftig.

Bei verkorkten Wänden kann man stärkere Färbungen erzielen, wenn man an Stelle des destillierten Wassers zur Hälfte Anilinwasser verwendet, das durch Schütteln von Anilinöl mit destilliertem Wasser, aber ohne Alkohol, gewonnen ist. Solche Lösungen sind aber nur wenige Monate haltbar.

Alkoholische Farbstofflösungen sind zum Färben nicht geeignet, da sie die verschiedenen Gewebe mehr gleichmäßig tingieren.

Gefärbt wurde durchwegs bei Zimmertemperatur. Dies entspricht nicht der in der Technik gebräuchlichen Heißfärbung, die jedoch bei unserer histologischen Färbung nicht anwendbar war, einerseits weil die Schnitte beim Erwärmen leicht zerfielen, andererseits weil sich andere Farben ergaben, die nicht so kontrastreich waren wie die bei der Kaltfärbung erhaltenen.

Die Schnitte kamen in kleine verschließbare Gläschen, welche mit der vorher gut durchgeschüttelten Farbstofflösung beschickt wurden. Sie blieben in der Regel ungefähr 3 Tage in der Farbstofflösung. Eine so lange Färbedauer ist namentlich dann notwendig, wenn harte sehr dichte Ligninwände oder kutinisierte und verkorkte Wände zu färben waren, von welchen der Farbstoff nur langsam aufgenommen wird. Eine Überfärbung tritt in der Regel nicht ein, auch wenn man doppelt oder dreifach so lange färbt. Eine Ausnahme bilden nur sehr stark färbende Stoffe wie Columbiaschwarz FF extra, Oxydiaminschwarz 2 R, Sambesischwarz D, Diazobraun G, die schon in 8—24 Stunden genügend stark färben. Nach dem Färben kamen die Schnitte in eventuell mehrmals erneutes destilliertes Wasser, bis sich die etwa anhaftenden Farbstoffflocken gelöst hatten. Ein längeres Verweilen im destillierten Wasser ist zu vermeiden, man überträgt die Schnitte vielmehr in Leitungswasser, dessen Kalkgehalt auf die Färbung fixierend wirkt. Sollte das Leitungswasser zu wenig Kalk enthalten, kann man dafür auch Gipswasser oder eine verdünnte Lösung von Aluminiumsulfat anwenden.

Als Einschlußflüssigkeit hat sich sehr gut die HOYERsche Einschlußflüssigkeit für Anilinfarben bewährt, in welcher sich die Farben nach meiner Erfahrung jahrelang gut erhielten. Da die käufliche Flüssigkeit nicht konzentriert genug ist, erscheint es notwendig, sich dieselbe selbst herzustellen. Da Leitungswasser den Farbstoff fixiert, habe ich Gummiarabikum in Leitungswasser gelöst und nach der Lösung mit dem essigsauren Kali der Apotheken versetzt. Man engt die Lösung auf dem Wasserbade bis zur Syrupkonsistenz ein. Die Lösung muß so konzentriert sein, daß sie mit dem Deckglase bedeckt bald fest wird. Bei zuviel essigsaurem Kali erstarrt das Präparat nicht genügend, ist die HOYERsche Flüssigkeit zu wässerig, so trocknet das Präparat aus, die Schnitte füllen sich mit Luft. Bei richtiger Konsistenz ist eine Lackumrandung überflüssig. Da sich mit so dickflüssiger Lösung schwerer arbeiten läßt, habe ich die Schnitte zunächst in etwas Leitungswasser auf dem Objektträger geordnet, das Wasser mit Filtrierpapier abgesaugt und dann erst mit einem Tropfen HOYERscher Flüssigkeit und dem Deckgläschen bedeckt, das durch ein Bleiklötzchen beschwert wurde. Die etwa hervorquellende Flüssigkeit läßt sich nach dem Festwerden des Präparates leicht mit einem feuchten Tuch wegnehmen.

Diese Einschlußmethode bietet noch den Vorteil, daß man Schnitte, die etwa gelitten hatten oder ungenügend gefärbt waren, auch noch nach Jahren leicht wiedergewinnen kann, wenn man das Präparat in eine flache Schale mit Wasser legt. Solche Schnitte färben sich bei einer wiederholten Färbung sogar kräftiger als vorher.

In Glyzerin und Glyzeringelatine werden die Farben leicht ausgezogen, wenn auch die Färbung der verholzten und kutinisierten Wände etwas besser widersteht.

Ein Einschließen in Kanadabalsam ist möglich, wenn die Entwässerung durch absoluten Alkohol sehr rasch durchgeführt wird, doch geht hierbei besonders die Färbung der kutinisierten und verkorkten Wände leicht verloren. Kollodiumwolle und Schießbaumwolle, welche sich in der HOYERschen Flüssigkeit zersetzen, halten sich im Kanadabalsam gut.

Zur Ergänzung der Färbungen mit substantiven Farbstoffen und zur Kombination mit diesen habe ich weiter noch einen basischen Farbstoff, das Cerasinblau I (Casella), verwendet, das bei der Untersuchung kutinisierter und verkorkter Wände, aber auch zur Unterscheidung verholzter und nicht verholzter Wände gute Dienste leistet. Gefärbt wurde mit einer 0,6 % alkoholischen

Lösung von Cerasinblau I, in welcher die Schnitte 1—2 Tage blieben. Die so gefärbten Schnitte wurden kurz (1—2 Minuten) in ca. 50 % Alkohol abgespült, bevor sie in Wasser resp. die Lösung des substantiven Farbstoffs übertragen wurden. Als solchen verwendete ich besonders Rosazurin B. Das Auswaschen mit *verdünntem Alkohol ist notwendig, um die Bildung eines Niederschlags* von Cerasinblau auf den Schnitten oder in den Zellwänden bei dem Einbringen in Wasser zu verhindern. Der Einschluß erfolgt in HOYERscher Lösung.

Unverholzte Wände bleiben in Cerasinblau farblos, bei verholzten Wänden macht sich die Dichte der Wand geltend, indem sehr dichte Wände den Farbstoff weniger aufnehmen. Wir haben hier also ein den substantiven Farbstoffen gleiches Verhalten. Das Verhältnis ändert sich aber bei kutinisierten Membranen, welche von den substantiven Farbstoffen um so weniger gefärbt werden, je dichter sie sind, während die sehr dichten und älteren Schichten von Cerasinblau am stärksten gefärbt werden. Ich möchte dies Verhalten des Cerasinblau auf eine chemische Veränderung der älteren kutinisierten Schichten zurückführen, und zwar auf ein stärkeres Hervortreten des sauren Charakters der Membranen, geradeso wie Triolein von Cerasinblau kaum gefärbt wird, während Oleinsäure sehr stark gefärbt wird.

Cerasinblau erscheint mir daher als eine wertvolle Ergänzung der Fettfarbstoffe. Während Sudan III und annähernd auch einige substantive Farbstoffe wie Diaminblau RW, Dianildunkelblau R, Diazobraun G alle kutinisierten und verkorkten Wände gleich färben, erreicht man durch Cerasinblau eine Differenzierung, welche der Färbung durch die meisten substantiven Farbstoffe entgegengesetzt ist.

(3) Walter Zimmermann: Über die längsangreifende Schwerkraft und das Sinusgesetz I. Experimente an Wurzeln.

Die Frage des Sinusgesetzes ist eng verbunden mit der Frage der in der Organlängsachse angreifenden Schwerkraft (abgekürzt: „Längskraft"). Die folgenden Versuche sollen daher in erster Linie zeigen:

1. Ob die Längskraft die Reizwirkungen der queraugreifenden Schwerkraft (abgekürzt: „Querkraft") zu beeinflussen vermag.

2. Ob die Gesamt-Schwerkraftwirkungen (also Längskraft + Querkraft) *in den zur Horizontalen (= O-Lage) korrespondierenden Reizlagen (z. B. in + 60° und in — 60°) gleich* sind, entsprechend der Gleichheit der Sinusse für die Ablenkungswinkel solcher korrespondierender Lagen.

Die allgemeinen Probleme des Sinusgesetzes sollen zusammen mit einer kurzen Übersicht über die bisherigen Hauptergebnisse in *einer zweiten Arbeit* [S. (45)] *besprochen werden.*

Methodik: In der vorliegenden Arbeit beschränke ich mich auf die Wiedergabe meiner Versuche mit der für Sinusgesetzuntersuchungen besonders beliebten Kressewurzel (*Lepidium sativum* L.). Daneben habe ich auch mit den gleichen Methoden andere orthotrope und plagiotrope Organe untersucht, wobei ich wenigstens für alle Hauptwurzeln (*Vicia faba, Lupinus albus*) grundsätzlich übereinstimmende Resultate erhielt. Die Anzucht der Kressewurzeln erfolgte nach der von TRÖNDLE (1923) angegebenen Weise auf feuchtem Fließpapier in PETRIschalen. Vorbereitung und Versuche fanden 1924 in einem Dunkelzimmer mit konstanter Temperatur (25° ± 0,15) des Botanischen Instituts Freiburg i. Br. statt. Zur Messung der Geowachstumsreaktion wurden die Wurzeln zwischen zwei Glasplatten in der von BLAAUW (1918) angegebenen Weise herangezogen und befanden sich während des Versuches (Beobachtung mit Horizontalmikroskop bei roter Beleuchtung) außerdem noch in einem behelfsmäßigen Thermostaten, in dem die Temperaturschwankungen während eines Versuches 0,1 Grad nicht überstiegen. Ganz allgemein wurde besonderer Wert auf rasche Einstellung der Pflanzen (bei entscheidenden Versuchen in weniger als 10 Sek.) und auf Ausgleich etwaiger Versuchsungenauigkeiten bei Wiederholungen gelegt.

An Klinostaten wurden verwendet: Ein normaler PFEFFERscher und der von RAWITSCHER (1923) erwähnte intermittierende mit einer an FITTINGs Angaben sich anlehnenden, aber vereinfachten Konstruktion.

Versuchszahl (*Lepidium sat.*): 518 Serien mit über 12000 Wurzeln.

Rotationsversuche an der horizontalen Klinostatenachse.

Tabelle 1.

Gleichförmige Rotation senkrecht zur horizontalen Klinostatenachse.

Vers.-Nr.	Wurzelanordnung	Zahl der gekrümmten Wurzeln:				
		+	(+)	0	(−)	—
314		36	7	2	3	1
322		37	10	4	0	0
319		48	0	0	0	0
320		46	1	1	0	0

Die geraden Pfeile unter „Wurzelanordnung" bezeichnen die Orientierung der Wurzeln während der Rotation, der dick gezeichnete Pfeil jeweils diejenige Reizlage, derentsprechend die Krümmungen als positiv bezeichnet sind; der Punkt im Mittelpunkt der Figur bezeichnet die Klinostatenachse von vorn gesehen; der gestrichelte Pfeilring gibt die Richtung der Rotation an. +, — = deutliche Krümmung; (+), (—) = Asymmetrie der Spitze.

Eine Rotationsdrehung in 24 Minuten; Ablesung 2 Stunden nach Rotationsbeginn.

Bei einer Rotation senkrecht zur horizontalen Klinostatenachse sollte man erwarten, daß die Wurzeln (entsprechend der Versuchsanordnung vor der Rotation) geradlinig weiterwachsen. Die geotropischen Reizwirkungen während der Rotation müßten sich ja bei Gültigkeit des Sinusgesetzes gegenseitig aufheben.

In mehr als hundert derartigen Versuchen traten aber bei Rotationsgeschwindigkeiten von 1 bis 26 Min. je Umdrehung ausnahmslos gleichsinnige Krümmungen auf (Tab. 1 gibt das ungünstigste Resultat wieder). Der Krümmungsverlauf stimmte qualitativ mit geotropischen Krümmungen überein: erst zeigte sich eine Asymmetrie der Spitze, dann eine Krümmung der Hauptwachstumszone und schließlich nach 3 bis 4 Stunden war die gesamte wachstumsfähige Zone durchschnittlich 50 bis 60 Grad, in vielen Fällen sogar noch mehr, gekrümmt. Allmählich flachte sich sodann der Bogen wieder etwas ab.

Diese „Rotationskrümmungen" erfolgten, wie Tabelle 1 zeigt, stets im Sinne der geotropischen Reizlage, aus der heraus die Pflanze infolge der Rotation die inverse Vertikallage passiert.

Ungleiche Rotationsgeschwindigkeit des Klinostaten führte natürlich auch zu Krümmungen, diese fielen aber bei 2 antagonistisch orientierten Wurzelserien, die regelmäßig verwendet wurden, ebenfalls antagonistisch aus und nicht gleichsinnig wie die Rotationskrümmungen. Bei Geschwindigkeitsdifferenzen in den beiden Halb-Rotationskreisen von 13′ 20″ zu 11′ 20″ war z. B. die Rotationskrümmung in der einen Serie eben kompensiert und in der anderen natürlich wesentlich verstärkt.

Schräg zur horizontalen Klinostatenachse orientierte Wurzeln, die also während der Rotation einen Kegelmantel mit horizontaler Achse beschrieben, zeigten die Rotationskrümmung gleichfalls, allerdings um so schwächer, einen je spitzeren Winkel sie mit der Klinostatenachse bildeten. Bei Rotation parallel zur horizontalen Klinostatenachse erfolgte keine Rotationskrümmung.

Kombination von Quer- und Längsreizung.

Tabelle 2.

	Zeit (in Min.) der Querreizung	½	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Reizwinkel der Längsreizung	+ 90°	(+) ¼=0	**+**	+	+	+	+	+	+	+				
	+ 60°		(+)	(+)	(+)	**+**	+	+	+	+				
	+ 30°		0	(+)	(+)	(+)	(+)	**+**	+	+				
	± 0		0	0	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	**+**	+	+		
	− 30°		0	0	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	**+**	+		
	− 60°		0	0	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	**+**	+		
	− 90°		0	0	0	0	0	(+)	(+)	(+)	(+)	**+**	+	+

Versuchsanordnung:

a) Zuerst „Querreizung" = horizontal ½ bis 12 Min.

b) Unmittelbar anschließend „Längsreizung" = 5 Min. im Reizwinkel jeweils + 90° bis − 90°, und zwar wurde zur Vermeidung neuer ein-

seitiger Reizung stets mittels des intermittierenden Klinostaten auf den beiden *Flanken senkrecht zur Reizlage der „Querreizung“ gereizt.*

c) Unmittelbar anschließend bis zur Ablesung (45 Min. nach Versuchsbeginn) Rotation parallel zur horizontalen Klinostatenachse.

Zahl der Versuchspflanzen für jede einzelne Versuchsanordnung: 60 bis 100, für die „kritischen“ Werte 150 bis 200 Wurzeln.

+, (+), 0 = Durchschnittsresultat entspr. Tab. 1.

Die Wirkungen der Längskraft sind nach den vorstehenden Versuchen (Tab. 2) unverkennbar. Je steiler aufwärts die Wurzeln nach einer Querreizung gestellt wurden (und zwar im wiedergegebenen Versuch lediglich 5 Min., also innerhalb der „Reaktionszeit“), um so mehr wurde die Wirkung der vorangehenden Querreizung verstärkt. Je steiler abwärts dagegen die Wurzeln schauten, um so mehr wurde die Wirkung der vorangehenden Querreizung abgeschwächt. Z. B. betrug bei nachfolgender vertikaler Inversstellung (+ 90°) die Präsentationszeit für die vorangehende horizontale Reizung nur eine Minute, d. h. eine Minute Horizontalreizung genügte, um bei mindestens 50 % der verwendeten Wurzeln eine deutliche Krümmung (beide Flanken gleichsinnig gekrümmt) herbeizuführen. Bei nachfolgender normaler Vertikalstellung (— 90 °) betrug die Präsentationszeit 10 Min., bei nachfolgender Horizontalstellung (± 0) 8 Min. Die Werte von + und — 60 bzw. 30° standen entsprechend dazwischen. Natürlich wurde auch das Ausmaß der sichtbaren geotropischen Krümmungen durch die nachwirkende Längskraft entsprechend beeinflußt.

Diese Kombinationsversuche erklären wohl ohne Schwierigkeit die Entstehung der „Rotationskrümmung“. Über ähnliche Versuche mit verschiedener Reizdauer der Längseinwirkung, sowie über *Zentrifugalversuche*, bei denen Quer- und Längsreizung gleichzeitig erfolgte, soll in einer umfassenderen Arbeit berichtet werden. *Die Resultate fügten sich völlig in den Rahmen der geschilderten* ein. Vorausgehende Längsreizung beeinflußte die nachfolgende Querreizung nicht meßbar.

Kombination von zwei antagonistischen Reizlagen mit gleichem Angriffswinkel der Schwerkraft.

Reizt man Kressewurzeln hintereinander auf zwei gegenüberliegenden Flanken, so zeigen sie auch bei gleichem Angriffswinkel der Schwerkraft und bei gleichgroßer Reizdauer in den meisten Reizlagen (d. h. abgesehen von der Horizontalen und den ihr benachbarten Lagen) Krümmungen im Sinne einer der beiden Reizlagen. Brachte ich z. B. mit Hülfe des intermittierenden Klino-

staten Wurzeln je 5 Minuten in zwei Reizlagen von + 60°, so erhielt ich 78% Krümmungen im Sinne der ersten Reizlage; — 60° ergab umgekehrt 83 % Krümmungen im Sinne der zweiten Reizlage. Diese Krümmungen waren zwar erheblich schwächer als bei den zuvor geschilderten Versuchen (meist zeigte sich nur eine schwache Asymmetrie der Spitze), aber das Gesamtresultat war doch eindeutig.

Dies überraschende Ergebnis, daß zwei gleichartige Reize, hintereinander antagonistisch einwirkend, sich nicht kompensieren, ist lediglich auf Grund der vorangehenden Versuche zu erklären. Solange es nicht sicher bewiesen war, daß zwei Schwerkraftreizungen sich gegenseitig unmittelbar beeinflussen können, solange man also annehmen konnte, daß ihr Zusammenspiel lediglich auf einem Zusammenwirken der „Endreaktionen" (z. B. den zu Krümmungen führenden Wachstumsvorgängen) beruhe, — solange konnte man erwarten, daß zwei völlig gleichartige antagonistische Reize sich kompensieren. Höchstens konnte man voraussehen, daß etwa infolge von „Ermüdungserscheinungen" der erste Reiz (dann aber auch in allen Reizlagen) dominiere.

Dagegen ist nach den Versuchen der Tab. 2. das erhaltene Resultat leicht zu erklären. Wieder verstärkt die Längskomponente der schrägaufwärtsschauenden zweiten Reizlage die Reizwirkung der ersten Lage, und umgekehrt wirkt die abwärtsgerichtete Längskomponente hemmend.

Darüber hinaus ergeben die Kombinationsversuche mit gleichartiger Schwerkraftwirkung, daß diese Längskraftwirkung kein (in Bezug auf das ganze Organ) kinetisches Moment, sondern ein statisches ist, daß also die Längskraft ohne Veränderung ihres Angriffswinkels wirken kann.

Rotation parallel zur schrägen Klinostatenachse ergab ebensowenig einheitlich gerichtete Krümmnngen wie fortgesetzte Kombination antagonistischer Reizlagen mit gleichem Angriffswinkel der Schwerkraft. Offenbar gleichen sich bei solch wiederholter Reizung die Längskraftwirkungen gegenseitig aus.

Geowachstums-Reaktion.

Parallel zur krümmungsfördernden oder -hemmenden Wirkung der Längskraft konnte bei Kressewurzeln keine Wachstumsförderung oder -Hemmung festgestellt werden. Dies ist umso auffälliger, als KONINGSBERGER bei Haferkoleoptilen eine solche Parallele nachgewiesen hat. Wir haben also bei der Kresse die

tonische Wirkung der Längskraft nicht auf eine allgemeine Wachstumsbeeinflussung zurückzuführen.[1])

Für die Wurzeln lauten damit die experimentell feststellbaren Haupttatsachen:

1. Die in der Organlängsachse angreifende Schwerkraft (Längskraft) hat einen tonischen Einfluß auf die geotropische Reizwirkung.

2. Die Längskraft wirkt polar verschieden, d. h. verschieden, je nach dem Organpol, der in der Angriffsrichtung der Schwerkraft schaut.

3. Die Längskraft beeinflußt die vorangehende geotropische Reizung, sie verstärkt in der Inverslage die geopositive Krümmungsinduktion und hemmt sie in der Normallage.

4. Nicht nur in der Vertikalen selbst, sondern auch in den schrägen Reizlagen kommt die Längskraft als Komponente zur Geltung. Die Gesamt-Schwerkraftwirkungen (Querkraft + Längskraft) sind also in den zur Horizontalen korrespondierenden Reizlagen nicht gleich.

Eine ökologische Bedeutung der Längskraftreizung dürfte darin liegen, daß Wurzeln, die stark aus ihrer Ruhelage abgelenkt sind, wieder beschleunigt in die Ruhelage kommen, während bei einer geringfügigen Ablenkung das Hinauspendeln über die Ruhelage abgebremst wird.

---

1) Anm. während des Drucks: Mit einer etwas veränderten Versuchsanordnung gelang es mir neuerdings, auch bei inversgestellten Kressewurzeln eine wellenförmig ablaufende Geowachstumsreaktion (Beginn mit Wachstumsförderung) nachzuweisen. *Ich werde in meiner ausführlicheren Arbeit hierauf* zurückkommen.

(4.) Walter Zimmermann: Über die längsangreifende Schwerkraft und das Sinusgesetz II.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

Allgemeiner Teil.

Bevor wir auf Grund der zuvor [S. (39 ff.)] geschilderten Versuche Schlußfolgerungen über das Sinusgesetz ziehen, müssen wir einige kritische Fragen erledigen.

1. Sind einige Bedenken zu streifen, die sich gegen die S. (44) gegebene Deutung der Experimente richten:

a) „*Die Ursache der Krümmungen liegt in Ungleichmäßigkeiten der Versuchsanordnung, z. B. bei den Rotationskrümmungen in einem ungleichen Gang des Klinostaten.*“ Widerlegung: Jeder Versuch *wurde mindestens mit zwei antagonistisch orientierten* Wurzelserien durchgeführt; Versuchsfehler müßten also zu antagonistischen und nicht zu gleichsinnigen Krümmungen führen. Bei den anderen Versuchen wurden entsprechende Vorkehrungen getroffen.

b) „Die scheinbare Wirkung der Längskraft ist eigentlich eine Wirkung der Querkraft auf die Wurzelspitze; die Wurzeln sind bereits schwach gekrümmt, wenn sie in die Vertikale kommen, woraus sich dann die hemmende bzw. fördernde Wirkung der unteren bzw. oberen Vertikalstellung leicht verstehen ließe.“ Dies Bedenken ist besonders schwerwiegend; denn tatsächlich beginnt die mikroskopisch sichtbare geotropische Krümmung, wie ich mich wiederholt überzeugen mußte, bei Kressewurzeln spätestens 3 Min. nach Reizbeginn[1]). Die hauptsächlich geoperzipierende Wurzelspitze wird also in all meinen Versuchen etwas geneigt sein.

Widerlegung: Solche mikroskopischen Verkrümmungen sind äußerst gering; die durch sie bedingte Neigung der Wurzelspitze überschreitet nach eigenen Messungen innerhalb 10 Min. 1 bis 2 Grad nicht. Das Ausmaß der Längskraft-Reizwirkung spricht somit schon gegen diese Erklärung. Ferner müßte sich mit dem Fortschreiten der mikroskopischen Vorkrümmung auch die Wirkung der Längskraft verstärken; bei langsamerer Rotation müßten also z. B. viel deutlichere Rotationskrümmungen auftreten als bei

[1]) Ähnliche Angaben bereits früher (vgl. POLOSZOW, deren Versuchsanordnung ich benutzte, sowie JOST 1924, S. 267).

rascheren. Meine Versuche ergaben aber gerade das Gegenteil. Schließlich erhielt ich auch noch sehr deutliche Wirkungen der Längskraft, wenn ich z. B. bei Vertikalstellung der Wurzeln (Versuchsanordnung: Tab. 2) die Krümmung der Wurzelspitze durch Neigung um 5 Grad mindestens kompensierte.

c) Auf das Bedenken, daß es sich eigentlich um eine kinetische Beeinflussung handeln könne, wurde bereits S. (41) eingegangen.

2. Weiter ist zu erklären, für welche Gebiete der Reizreaktionskette überhaupt quantitative Reizbeziehungen nach Art des Sinusgesetzes feststellbar sind.

Je frühere Glieder der Reizreaktionskette wir betrachten, um so einfachere Gesetzmäßigkeiten dürfen wir erwarten. Unmittelbar qantitativ festlegbar sind jedoch vorläufig nur die Beziehungen zwischen dem Anfangsglied der Reizreaktionskette, d. h. der physikalischen Gegebenheit einerseits und der sichtbaren Endreaktion (= «Reaktion») andrerseits; z. B. in unserem Fall zwischen der wirksamen Beschleunigung und ihrem Angriffswinkel auf das Versuchsobjekt *einerseits* und *andrerseits* den „*Minimalreaktionen*" wie dem Ausbleiben oder dem Auftreten der eben sichtbaren geotropischen Krümmungen. Dagegen können wir quantitative Beziehungen zwischen dem physikalischen Reizanlaß und den primären Reizreaktionen (meist als Erregung oder Induktion bezeichnet) nur erschließen, da bisher noch niemand die Größe der primären Reizvorgänge *unmittelbar* gemessen hat. *Quantitative Gesetzmäßigkeiten* über solche primäre Reizvorgänge werden also immer abgeleitet sein von Gesetzmäßigkeiten über den Ausfall der sichtbaren Reaktionen. Hieraus und aus dem allgemeinen Begriff der Reiz-Reaktionskette ergibt sich, daß wir über die rein konstruktiven Begriffe wie die Größe einer geotropischen Reizung lediglich auf Grund der allgemein formal-logischen Beziehungen zwischen Wirkung und Ursache etwas aussagen können. Wenn also z. B. in zwei Versuchen, die sich nur dadurch unterscheiden, daß die Schwerkraft das eine Mal in $+60^0$ und das andere Mal in -60^0 einwirkt, gleiche Reaktionen auftreten, d. h. wenn etwa beide Male gerade die Präsentationszeit erreicht ist, dann dürfen wir es höchstens als sehr wahrscheinlich bezeichnen, daß auch die Schwerkraftreizung beide Male gleich groß ist. Wenn dagegen in den angegebenen Versuchen die Reaktionen ungleich ausfallen, dürfen wir sicher schließen, daß die Schwerkraftreizungen — wenigstens als Ganzes genommen — ebenfalls ungleich sind.

Mit anderen Worten: aus der G ü l t i g k e i t des Sinusgesetzes für Endreaktionen dürfen wir zwar die Gültigkeit des Sinus-

gesetzes für geotropische Reizungen höchstens wahrscheinlich machen; wenn wir aber die Ungültigkeit des Sinusgesetzes für *Reaktionen feststellen können, kann es auch für die Schwerkraftreizungen* — im ganzen genommen — nicht gelten.

Orthotrope Hauptwurzeln.

Die vorangehend geschilderten Versuche [S. (39)—(44)] zeigen nun tatsächlich verschiedene Gesamtwirkungen der Schwerkraft, je nachdem die Schwerkraft beispielsweise in + 60° und in — 60° angreift. Es gibt also Versuchsanordnungen, bei denen das Sinusgesetz für die Gesamtschwerkraftwirkungen nicht gilt, und zwar dann, wenn die Schwerkraft-Längskomponente die Möglichkeit hat, die Wirkung einer vorangehenden geotropischen Reizung durch die Querkomponente polar zu modifizieren.

Diese Ergebnisse stehen scheinbar in Widerspruch mit einer Reihe zweifellos sehr sorgfältiger Untersuchungen z. B. von FITTING (1905), RUTTEN-PECKELHARING (1910) und TRÖNDLE (1921). Scheinbar!; denn die genannten Vorkämpfer für das Sinusgesetz haben m. E. Versuchsanordnungen gewählt, bei denen die Längskraft nicht oder nicht gegen das Sinusgesetz zur Geltung kommen konnte.

RUTTEN-PECKELHARING hat bei Kressewurzeln die Präsentationszeit für verschiedene Reizlagen bestimmt. Das Produkt: *Präsentationszeit × Sinus des Ablenkungswinkels* war für alle Reizlagen konstant. Die Präsentationszeit änderte sich also umgekehrt proportional dem Sinus und war demnach z. B. für + 60° und — 60° gleich groß. Offenbar kommt hier die reine Querkomponente zur Geltung, für die somit das Sinusgesetz uneingeschränkt gilt. Die Längskomponente, die ja nur eine vorangehende Reizung durch die Querkraft modifizieren kann, zeigt bei den kurzen Reizungen innerhalb der Präsentationszeit noch keine meßbare Wirkung.

Bei längerer einseitiger Reizung von Wurzeln in Zwangslage (Röhrchen) hat dagegen CZAPEK die Wirkung der polar organisierten längsangreifenden Schwerkraft nachgewiesen; die optimale Reizlage war hier nach den positiven Reizlagen zu verschoben.

Beiden Versuchen, denjenigen von RUTTEN-PECKELHARING und von CZAPEK, haften allerdings wesentliche technische Fehler an. RUTTEN-PECKELHARING hat ihre Wurzeln nach der einseitigen Reizung rotieren lassen, und zwar offenbar senkrecht zur horizontalen Achse des Klinostaten. Merkwürdigerweise hat sie

dabei übersehen, daß durch die Rotation selbst ein einseitiger Krümmungsimpuls ausgelöst wird; vielleicht sind die Ungleichmäßigkeiten der Resultate, die Verfasserin beklagt, auf diese Versuchsanordnung zurückzuführen.

Bei Wiederholung der CZAPEKschen Versuche ergab sich regelmäßig, daß die Wurzelspitze — also das Hauptorgan der Geoperzeption — deutlich gegenüber der Organlängsachse abwärts geneigt war; schon durch diese Krümmung der Wurzelspitze allein müßte sich in den Reizlagen oberhalb der Horizontalen ein relativ stärkerer Krümmungsimpuls ergeben als in den korrespondierenden Reizlagen unterhalb[1]). Eigene Stichproben zum Teil mit verbesserter Technik ergaben jedoch, daß trotzdem die Versuchsergebnisse der beiden Autoren im Grunde richtig sind. Eine Wiederholung der Versuche mit etwas größerem Versuchsmaterial scheint mir aber namentlich für die steileren Reizlagen sehr erwünscht.

Die hemmende Wirkung der normal angreifenden Längskraft, die bereits M. M. RISS beim Zentrifugieren in einer horizontalen Ebene beobachtet hat, deckt sich natürlich völlig mit meinen Ergebnissen; die fördernde Wirkung der invers angreifenden Zentrifugalkraft wurde bereits erwähnt. Ich glaube jedoch, daß es sich auch bei diesen Zentrifugalversuchen streng genommen nicht um eine gleichzeitige Einwirkung der Quer- und Längskraft handelt, sondern daß auch hier die Längskraft jeweils die unmittelbar vorangehende Querkraftreizung modifiziert. Die relativ geringe Wirkung der längsangreifenden Zentrifugalkraft macht mir das besonders wahrscheinlich.

Am überzeugendsten zugunsten des Sinusgesetzes wirken die wiederholten Versuche mit Hilfe des intermittierenden Klinostaten vor allem von TRÖNDLE (1921). Bei intermittierender Kombination antagonistischer Reizlagen, deren Produkt aus Reizdauer und Sinus des Ablenkungswinkels jeweils gleich groß war, erhielt TRÖNDLE keine einseitige Krümmung, während FITTING (1905) gleichfalls mit dem intermittierenden Klinostaten wenigstens für die steileren Lagen kleine Abweichungen vom Sinusgesetz gefunden hatte.

---

1) Eine weitere Komplikation ist dadurch bedingt, daß die Hauptwurzeln infolge der später auftretenden geonegativen Komponente bei längerer einseitiger Reizung plagiotrop werden. (ZIMMERMANN 1924.) Bei dieser Gelegenheit sei ein Druckfehler in der hier zitierten Schrift berichtigt. Die geonegative Tendenz erzeugt natürlich eine Dorsokonkavtendenz und eine Dorsokonkavkrümmung, nicht, wie es l. c. S. 452 bedauerlicherweise heißt: Dorsokonvextendenz (Zeile 3) und Dorsokonvexkrümmung (Zeile 7).

Zur Erklärung dieser unter sich und mit meinen Ergebnissen auf den ersten Blick nicht übereinstimmenden Resultate lassen sich verschiedene Gründe geltend machen:

a) Die Längskraft der nachfolgenden Reizlage beeinflußt jeweils die geotropische Querreizung auch der vorangehenden Reizlage (vgl. die entsprechenden oben dargestellten Versuche). Wenn man also aufwärts und abwärts gerichtete Reizlagen wiederholt miteinander intermittierend kombiniert, so kompensieren sich die Längskräfte der beiden Reizlagen teilweise, sei es mittelbar, sei es unmittelbar.

b) Zwei Reizlagen kann man mit Hilfe des intermittierenden Klinostaten auf 6 verschiedene Weisen miteinander kombinieren —

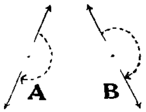


Abb. 1. Zwei Anordnungsmöglichkeiten der intermittierenden Reizung in + 60° und — 60°. Die Punkte bezeichnen die Klinostatenachse von vorn gesehen, die ausgezogenen Pfeile die Reizlagen der Wurzeln, die gestrichelten Pfeilringe den Drehungssinn des Klinostaten.

abgesehen davon, daß man die einzelnen Reizzeiten und die Rotationsgeschwindigkeiten beliebig variieren kann; diese Möglichkeiten sind allerdings in den bisherigen Untersuchungen noch nicht alle erörtert worden, auch fehlt bei der Protokollwiedergabe durchweg die Angabe, welche Versuchsanordnung im einzelnen gewählt war. Eine solche Angabe ist aber unbedingt notwendig; denn die verschiedenen möglichen Versuchsanordnungen führen zu verschiedenen Resultaten, wie ich mich in Wiederholung der Versuche mit dem intermittierenden Klinostaten überzeugen konnte; meine Ergebnisse sprechen teils für und teils gegen das Sinusgesetz.

Ein einfaches Beispiel mag das erläutern. Kombinieren wir z. B. + 60° und — 60° mit Hilfe einer der von FITTING angegebenen Anordnungen (die auch TRÖNDLE verwendet hat), so kann das bei senkrechter Befestigung der Wurzel zur Klinostatenachse auf zwei Weisen geschehen (Abb. 1 A und B). Bei der Versuchsanordnung A passiert die Wurzel infolge der stets gleichgerichteten

Rotation aus der Reizlage + 60° jeweils die normale Vertikallage und aus der Reizlage — 60° die inverse Vertikallage; nach meinen Versuchsergebnissen wird hierdurch der + 60°-Impuls jeweils abgeschwächt und der — 60°-Impuls verstärkt. Für die Versuchsanordnung B liegen die Bedingungen gerade umgekehrt. Eine Verschiedenheit der Resultate ist daher nicht erstaunlich. Bei Lagenwechsel alle 10 Minuten und Rotationsgeschwindigkeit ½ Minute die halbe Umdrehung (Temperatur 25°) erhielt ich z. B. für Versuchsanordnung A in sachlicher Übereinstimmung mit TRÖNDLE fast genau gleich viel Krümmungen im Sinne der + 60°- und der — 60°-Lage; für Versuchsanordnung B waren dagegen *sämtliche Wurzeln im Sinne + 60° gekrümmt.*

Zweifellos kann man also mit Hilfe des intermittierenden Klinostaten Ergebnisse erzielen, die für das Sinusgesetz sprechen. Ich halte solche Ergebnisse aber nicht für den unmittelbaren Ausdruck einfacher, sondern im Gegenteil sehr komplizierter Reizvorgänge.

Als ganzes genommen ergibt sich für die Wurzeln: Wir müssen und können scharf unterscheiden eine Reizung durch die Querkraft und eine Reizung durch die Längskraft. Für die reine Querkraftwirkung, wie sie uns bei kurzer Reizung entgegentritt, gilt das Sinusgesetz uneingeschränkt. Die Längskraftreizung führt dagegen infolge Beeinflussung der ihr vorangehenden Querkraftreizung bei längerer einseitiger Einwirkung zu einer „polaren Modifikation des Sinusgesetzes" für die Gesamtschwerkraftwirkungen.

Geonegativ-orthotrope und plagiotrope Organe.

Hier liegen die Verhältnisse komplizierter als bei Pfahlwurzeln. Eine eingehende Besprechung der Ergebnisse sei daher einer ausführlicheren Arbeit vorbehalten. (Wesentlichste Literatur vgl. KONINGSBERGER 1922, R. STOPPEL 1923, LUNDEGÅRDH 1918 und ZIMMERMANN 1924.)

Auch bei den genannten Organen lassen sich Längskraftwirkungen erkennen. Doch handelt es sich dabei neben der Beeinflussung der geotropischen Reizerscheinungen auch um allgemeine Wachstumsbeeinflussung.

Als Beispiel einer echten Reizbeeinflussung durch die Längskraft sei auf die plagiotropen Reizbewegungen der Ausläufer hingewiesen (ZIMMERMANN 1924). Beim Fehlen einer Längskraftwirkung und restloser Gültigkeit des Sinusgesetzes für die Gesamtschwerkraftwirkungen müßten sich auch die Reizbewegungen sowie

die Ruhelagen symmetrisch zur Horizontalen anordnen. Die stabilen und labilen Gleichgewichtslagen liegen nun hier bei kurzer oder kurz veränderter Längskraftwirkung nur wenig asymmetrisch zur Horizontalen (l. c. Fig. 6), bei langer Einwirkung dagegen ausgesprochen asymmetrisch (Fig. 8). Wenn man (bei den zu Fig. 6 gehörigen Versuchen, l. c. S. 423) die zunächst auftretenden mikroskopischen Krümmungen mitberücksichtigt, liegen die beiden Gleichgewichtslagen sogar fast völlig symmetrisch (unveröffentlichte Versuche). Offensichtlich beeinflußt also die Längskraft auch hier genau wie bei den Wurzeln die vorangehende Querkraftreizung.

Längskraft und Polarität.

Wenigstens für den positiven Geotropismus wird man also der Längskraftreizung eine Sonderstellung gegenüber der Querkraftreizung zuerkennen müssen. Diese Sonderstellung drückt sich vor

Abb. 2. Schema für die Lagerung der „Statolithenkörner": a) normale Vertikal-(Ruhe)lage, c) Beginn der Horizontallage, b) inverse Vertikallage.

allem aus im Einfluß der Polarität der Pflanze, d. h. wohl der geoperzipierenden Zelle. Die Polarität der Zelle könnte in diesem Falle bedingt sein durch die Lagerung der „Statolithenstärke" auf der physikalischen Unterseite der Zelle während der Ruhelage (= physikalische Polarität). Abb. 2 erläutert wohl ohne viel Worte, daß die invers angreifende Längskraft nach einer Horizontalreizung die Ausbreitung der „Statolithenstärke" auf der physikalischen Unterseite (der Reizlage) verstärkt, während die normal angreifende Längskraft sie vermindert. Wenn nun die Größe der geotropischen Reizung vom Ausmaß der Statolithenausbreitung abhängt, sind die Ergebnisse bei einer relativ kurzen Längsreizung leicht verständlich. Selbstverständlich gelten diese Überlegungen auch für die physikalische Umschichtung anderer Zellelemente als gerade der „Statolithenstärke".

Mittelbar geht auch die physikalische Polarität der Zelle zurück auf die biotische Polarität, welche in morphologischen und entwicklungsphysiologischen Erscheinungen so vielfach zum Ausdruck kommt. Denn diese bedingt ja wiederum letzten Endes die

physikalische Lage der Pflanze in Ruhelage. Da die Längskraft aber auch bei *lang anhaltender Einwirkung polar wirkt, so dürfte* die biotische Polarität dabei auch unmittelbar zur Geltung kommen.

Einerlei aber, ob es sich um einen mittelbaren oder unmittelbaren Einfluß der biotischen Polarität handelt — die Verbindung unseres reizphysiologischen Problems mit der Frage nach der uns noch so geheimnisvollen Organisation der Zelle scheint mir eine Richtlinie für die künftige Forschung.

Freiburg i. Br., 10. Oktober 1924.

Zitierte Literatur.

BLAAUW, Licht und Wachstum III. Mededeel. v. d. Landbouw-Hoogesch. Wageningen 1918, 15.

BREMEKAMP, C. E. B., On the mutual influence of phototropic and geotropic reactions in plants. K. Akad. v. Wetensch. Amsterdam Proceed. of the Sect. of Sc. 1915, **17**, 2.

CZAPEK, FR., Untersuchungen über Geotropismus. Jahrb. f. wiss. Bot. 1895, **27**, 243.

—, —, Die Wirkung verschiedener Neigungslagen auf den Geotropismus parallelotroper Organe. Jahrb. f. wiss. Bot. 1906, **43**, 145.

FITTING, H., Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang I u. II Jahrb. f. wiss. Bot. 1905, **41**, 221 u. 331.

JOST, L., Pflanzenphysiologie. 4. Aufl. (BENECKE-JOST Bd. II.) Jena 1923.

KONINGSBERGER, V. J., Tropismus und Wachstum. Utrecht 1922.

POLOWZOW, W., Experimentelle Untersuchungen über die Reizerscheinungen an Pflanzen. Ber. d. D. Bot. Ges. 1908, **26a**, 50.

RAWITSCHER, F., Epinastie und Geotropismus. Zeitschr. f. Bot. 1923, **15**, 65.

RISS, M. M., Über den Einfluß allseitig und in der Längsrichtung angreifender Schwerkraft auf Wurzeln. Jahrb. f. wiss. Bot. 1914, **53**, 157.

RUTTEN-PECKELHARING, C. J., Untersuchungen über die Perception des Schwerkraftreizes. Rec. d. trav. bot. néerl. 1910, **7**, 24.

TRÖNDLE, A., Untersuchungen über das Sinusgesetz bei den geotropischen Reaktionen von *Lepidium*. Jahrb. f. wiss. Bot. 1921, **60**, 295.

ZIMMERMANN, W., Untersuchungen über den plagiotropen Wuchs von Ausläufern. Jahrb. f. wiss Bot. 1924, **63**, 390.

(5.) U. Weber: Das geotropische Verhalten von Haferkeimlingen.

(Auszug aus dem in Berlin im August 1924 in der Generalversammlung gehaltenen Vortrag.)

Werden Haferkeimlinge, die unter den üblichen Vorsichtsmaßregeln bei konstanter Temperatur im Dunkeln herangezogen sind, durch Horizontallegen geotropisch gereizt und dann wieder senkrecht gestellt, zeigt sich eine auffällige Abhängigkeit der Reaktion vom Augenblick des Vertikalstellens. Versuchsserien, die 10, 30 und 60 Minuten in horizontaler Lage gereizt waren, zeigen, vertikal gestellt, sämtlich nach 40—50′ ein Umschlagen der negativ geotropischen Krümmung in eine positive. Bei einer Reizung von 60′ findet sich nur dieser eine Umkehrpunkt, bei kürzeren Reizzeiten wird die Art der Krümmung komplizierter. Bei den 30′ gereizten Pflanzen tritt nach ca. 75′ ein zweiter Wendepunkt auf, bei 10′ Reizzeit außer diesem noch ein dritter, bereits 15′ nach beendeter Reizung. Die Verschiedenheit der Krümmungskurven ist aber keine prinzipielle, da sich alle Wendepunkte auch in der scheinbar einfachsten Kurve (bei 60′ Reizung) durch starke Verzögerung und späteres erneutes Anwachsen der zeitlichen Bewegung zu erkennen geben und zeitlich aufs genaueste mit den bei kürzeren Reizzeiten erhaltenen Wendepunkten der anderen Kurven übereinstimmen.

Die Gleichartigkeit des durch die drei verschiedenen Reizzeiten hervorgerufenen Effektes tritt sehr klar im Wachstum der Koleoptilen hervor. Bei allen Serien (10, 30, 60′ gereizt) findet sich eine ausgesprochene Wachstumsreaktion, die bei ca. 15—20′ ein Minimum, bei 50—60′ ein Maximum des Wachstums aufweist. Die Wachstumsreaktion beginnt also ebenfalls im Augenblick des Vertikalstellens, abweichend von ZOLLIKOFERs (1921) Angaben. Die Versuche werden aufs beste bestätigt durch die auf ganz anderer Basis gewonnenen Versuche KONINGSBERGERs (1922). Während KONINGSBERGER seine Pflanzen auf dem Klinostaten allseitig reizte, verhinderte ich in den Versuchen, wo das Wachstum gemessen wurde, die Krümmung auf mechanische Weise. Die einseitig gereizten Pflanzen wurden durch eine über die Koleoptile gesteckte Glasröhre zum geraden Wachstum gezwungen, eine Methode, die bereits RENNER (1922) anwandte.

Um über das Wachstum von Ober- und Unterseite am *unverletzten Keimling Klarheit zu gewinnen*, benutzte ich den von BRAUNER (1922) beschriebenen Zeichenapparat. Es gelang, die sehr großen Verschiedenheiten im Wachstum der beiden Seiten zu fassen und ihr diametral entgegengesetztes Verhalten zu zeigen. Bei Haferkoleoptilen, die 30′ horizontal lagen, zeigte die Oberhälfte 70′ nach der Vertikalstellung ein Maximum, die Unterhälfte zu gleicher Zeit ein Minimum des Wachstums. Die Mittellinie stellt eine abgeschwächte und durch den Einfluß der Unterhälfte modifizierte Wiederholung des Wachstums der Oberhälfte dar. Die Krümmung der Koleoptile läßt sich aus dem Gegeneinanderarbeiten von Ober- und Unterseite ableiten.

Die an dauernd horizontal gelegten Haferkeimlingen gewonnenen Resultate konnten hier noch nicht berücksichtigt werden.

Literatur.

BRAUNER, L.: Lichtkrümmung und Lichtwachstumsreaktion. Zeitschrift für Bot. **14**, 1922.

KONINGSBERGER, V J.: Tropismus und Wachstum. Rec. trav. bot. néerl. **19**, 1922

RENNER, O.: Die Wachstumsreaktionen bei Licht- und Schwerkraftreizung. Zeitschr. f. Bot. **14**, 1922

ZOLLIKOFER, Cl: Über den Einfluß des Schwerereizes auf das Wachstum der Koleoptile von *Avena sativa*. Rec. trav. bot. néerl. **18**, 1921.

(6.) Ernst Lehmann: Keimungsversuche mit Samen von Lythrum Salicaria.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

Nachdem die Tatsache, daß das Licht teils fördernd, teils hemmend auf die Keimung der allerverschiedensten Samen einzuwirken vermag, nicht mehr zu bezweifeln war, erhob sich alsbald eine Reihe von Fragen, welche auf die Klärung des Lichtkeimungsvorganges selbst hinzielten.

Zunächst war festzustellen, inwieweit andere physikalische Faktoren den Einfluß des Lichtes auf die Keimung zu modifizieren vermögen. Es wurde somit alsbald die Wirkung der Temperatur und vor allem des Substrates in Verbindung mit der Lichtwirkung untersucht.

Bezüglich der Substratwirkung war von Anfang der Untersuchungen an der Gedanke leitend, durch Darbietung bestimmter Chemikalien die Wirkung des Lichtes zu ersetzen und so vielleicht auf das Wesen der Lichtwirkung gewisse Schlüsse ziehen zu können. Es herrscht heute kein Zweifel mehr darüber, daß KNOPsche Nährlösung und als besonderer Anteil derselben Nitrate viele Samen, welche auf destilliertem Wasser im Dunkeln nicht zu keimen vermögen, daselbst zur Keimung veranlassen. Der anfängliche Gedanke aber, daß aus dieser Parallelwirkung ohne weiteres auf gleiche Wirkung beider Agentien zu schließen sei, wurde dadurch hinfällig, daß es gelungen ist, durch Nitrate auch Samen im Licht zur Keimung zu bringen, welche sonst nur oder doch besser im Dunkeln auskeimen.

Weiterhin war dann von mir und meinem Schüler OTTENWÄLDER festgestellt worden, daß schwache Säuren die Keimung mancher Samen im Dunkeln auslösten, welche dort auf destilliertem Wasser nicht oder doch schlechter keimten. Unsere Ergebnisse sind seitdem teils bestätigt, teils in Zweifel gezogen worden, sodaß es notwendig wurde, um die Widersprüche aufzuklären, neue Versuche anzustellen. Das erschien um so wichtiger, als seit Anstellung unserer Untersuchungen gefunden worden war, daß überaus kurze Belichtungen fördernd auf die Keimung der Samen von *Lythrum Salicaria* einzuwirken vermögen und es nicht unmöglich schien, daß kurze Belichtungen bei der Kontrolle sowohl unsere früheren

Ergebnisse, wie diejenigen anderer Autoren, beeinflußt haben konnten. Es hat in den letzten Jahren FASSBENDER[1]) in meinem Laboratorium solche Versuche angestellt, und es sind dabei nach verschiedenen Richtungen interessante Ergebnisse erzielt worden.

Zunächst hat es sich ergeben, daß *Lythrum Salicaria*-Samen verschiedener Ernte durch gleiche Säuregaben in sehr verschiedenem Maße beeinflußt werden. Samen, welche stark auf Säure reagieren, stehen solchen gegenüber, auf die Säure nur in sehr untergeordnetem Maße einwirkt. Bedient man sich aber zu den Versuchen säureempfindlicher Samenproben, so hat sich nunmehr einwandfrei zeigen lassen, daß schwache Salzsäure in hohen Verdünnungen die Keimung der Samen von *Lythrum Salicaria* in voller Dunkelheit in nicht unerheblichem Maße zu fördern vermag. Allerdings ist uns eine solche Förderung niemals bei völlig konstanter Temperatur gelungen. Sowie aber die Temperatur wechselnd gehalten wurde, war die Förderung außer allem Zweifel. Die folgende Tabelle belegt dies.

Tabelle 1

Säurewirkung auf *Lythrum Salicaria*-Samen.
Vollständige Dunkelheit.
Temperaturwechsel in verschiedenen Intervallen.

Dest. H_2O	28	42	47	55	27,5	52
$\frac{n}{200}$ HCl	41	54	55,5	74	36	75
Dest. H_2O	13,75	34	41	29 5	58	
$\frac{n}{200}$ HCl	36 5	63	52	80	78	
Temp.	konstant 30°			Schwank. 23–30		
Dest. H_2O	12,5			17,25		
$\frac{n}{1000}$ HCl	17 5			44,5		

Sehr bemerkenswert ist sodann auch eine Förderung der Keimung durch die gleiche schwache Säure bei konstanter Temperatur, aber in Verbindung mit kurzer Belichtung. Die folgende Tabelle belegt diese Ergebnisse:

1) Vgl. Beih. zum botan. Zentralbl. 1925.

Tabelle 2

Säurewirkung und Belichtung
bei *Lythrum Salicaria*
Material 1923 II b

SKMK	30	1500		4500
Dest. Wasser	22,5	51	32	50
$\frac{n}{200}$ HCl		74	80	
Differenz		23	48	
$\frac{n}{1000}$ HCl	31,5	91	90	94
Differenz	9	40	58	44

Das allgemeine Interesse dieser Versuche besteht einmal darin, daß die Förderung der Keimung lichtempfindlicher Samen durch schwache Säure im Dunkeln nunmehr außer allen Zweifel gestellt ist, z. a. aber darin, daß auch die Säure, wie die Nitrate, die Lichtwirkung nicht zu ersetzen vermag, sondern eher sensibilisierend wirkt und die Einwirkuug von Temperaturwechsel und Licht erhöht.

Damit sind wohl interessante Wechselwirkungen zwischen Nitraten und Säuren einerseits, Licht und Temperaturwechsel andererseits festgestellt, dem Wesen der Lichtwirkung selbst sind wir damit aber noch nicht auf die Spur gekommen.

Es waren nun neue Wege zu suchen, die zu diesem Ziele führen könnten. Wir haben für einen aussichtsreichen Weg die exakte Festlegung der zur Verwendung kommenden Lichtmengen gehalten und haben auf ihm versucht, die Wirkung des Lichtes auf die Keimung mit anderen photischen Wirkungen auf die Pflanzen in Beziehung zu bringen. Zu diesem Zwecke war vor allem die Ausbildung einer genügenden Methodik nötig, da die Versuchssamen von *Lythrum Salicaria* äußerst empfindlich gegen Temperatur- und Lichtdifferenzen sind. Ich habe zunächst allein, später gemeinsam mit meinem Schüler RAO, die Gültigkeit des Produktgesetzes für die Lichtwirkung auf die Keimung der Samen von *Lythrum Salicaria* festgestellt. Sodann hat RAO[1]) auf meine Veranlassung den Einfluß verschiedener Lichtmengen auf die Keimung der *Lythrum*-Samen bei verschiedener Temperatur festgestellt. Die Ergebnisse sind in den folgenden Kurven zusammengestellt.

1) Vgl. PRINGSH. Jahrb. für wiss. Botanik 1925.

Das Hauptergebnis, welches aus den Kurvenbildern hervorgeht, ist das Folgende:

Bei 31 ° C finden wir eine volle Gültigkeit des Produktgesetzes. Die gleichen Produkte aus 5 MK, 50 MK und 100 MK und den entsprechenden Belichtungszeiten haben stets dieselbe Wirkung. Die Kurven für die mit den verschiedenen Lichtintensitäten hergestellten Produkte verlaufen gleichmäßig und decken sich nahezu.

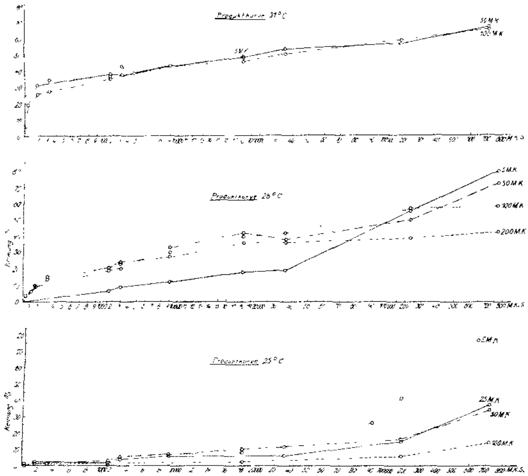


Abb. 1. Produktkurven mit 5–200 MK bei 31° C., 28° C. und 25° C.

Bei 28° C ist die Uebereinstimmung im Verlaufe der verschiedenen Kurven eine viel geringere. Je höhere Lichtmengen in Frage kommen, um so mehr zeigt sich, das die schwächeren Intensitäten die stärkeren an Wirkung übertreffen. Das Kurvensystem fächert sich gegen Ende auf, das Produktgesetz hat eine erheblich beschränktere Gültigkeit.

Bei 25° C geht die Erscheinung noch viel weiter. Schon viel früher setzt eine starke Wirkung der verschiedenen Intensitäten ein, die schwachen Intensitäten übertreffen bei gleichen Produkten

die starken überaus an Wirkung. Die Auffächerung des Kurvensystems ist weit fortgeschritten. Bei 25° tritt also die Wirkung des Produktgesetzes durchaus in den Hintergrund. An seine Stelle tritt eine andere Gesetzmäßigkeit: Die Keimung ist umgekehrt proportional der Intensität der bei gleichen Produkten zur Verwendung kommenden Intensitäten.

So zeigt sich also, daß das Produktgesetz bei 31° in voller Gültigkeit ist, während es mit sinkender Temperatur immer mehr beschränkt wird und immer mehr die Wirkung der Intensität in den Vordergrund tritt.

Wir haben nun aber weiter die Wirkung des Lichtes auch noch bei intermittierender Belichtung studiert. Hier sei nur das Hauptergebnis, welches dabei erzielt wurde, kurz besprochen.

Wenn wir die Belichtung so durchführen, daß eine einmalige kurze Belichtung keine Keimförderung mehr ausübt, — wenn wir also m. a. W. unterschwellig belichten —, so zeigt es sich, daß die einzelnen Belichtungen, unterbrochen durch Dunkelperioden steigender Länge, zunächst zu gleichem, später zu größerem Erfolg führten als die Dauerbelichtung mit gleichen Lichtmengen, bis bei Dunkelperioden größerer Länge die Wirkung der Einzelbelichtungen wieder auf die Wirkung der Dauerbelichtung und schließlich unter diese herabsinkt.

Tabelle 3 und 4

Unterschwellige intermittierende Belichtung			Unterschwellige intermittierende Belichtung		
3600 MKS 5 MK 25° 4 Lichtper. zu 3 Minuten			7200 MKS 5 MK 25° 6 Lichtper. zu 4 Minuten		
Dunkelper.	Keimproz.	Kontrolle	Dunkelper.	Keimproz.	Kontrolle
1 Min.	5,5	Dauerbel.	5 Min.	4,75	Dauerbel.
15	7,5	12 Min.	15	6,0	24 Min.
30	5,0	Keimproz.	30	7,25	Keimproz.
1 Stunde	11,5	5,5	1 Stunde	12,75	6,5
2	16,75		2	11,75	
3	11,0		3	10,25	
6	14,25		6	14,0	
12	8				

Zunächst gilt also offenbar das TALBOTsche Gesetz; später aber wird seine Wirkung kompliziert, und es kommt zu einer gesteigerten Wirkung der Einzelbelichtungen bei längeren Dunkelperioden. Diese Befunde stehen in guter Übereinstimmung mit

den früheren Versuchen bei Dauerbelichtung und verschiedenen Lichtintensitäten, doch wollen wir uns auf eine spezielle Diskussion dieser Ergebnisse hier nicht einlassen.

Dagegen sei noch das Folgende hervorgehoben.

Nachdem die Gültigkeit des Produktgesetzes und des TALBOTschen Gesetzes für die Lichtwirkung bei der Keimung von *Lythrum Salicaria* festgestellt wurde, dürfte die Auffassung, daß das Licht auf das Innere des Samens wirkt und nicht auf die Samenschale, erheblich an Wahrscheinlichkeit gewonnen haben.

Weiter ergeben sich zweifellos bei der Gültigkeit dieser Gesetze für die Lichtkeimung interessante Beziehungen zu reizphysiologischem Geschehen auf anderen Gebieten, deren Herausarbeitung aber der Zukunft überlassen werden soll.

(7.) H. Klebahn: Über drei auf Iris gefundene Perithezien und die zugehörigen Konidienpilze.

(Mit Tafel II und 1 Abb. im Text.)

Iris germanica und *pallida*, die in der Arzneipflanzenabteilung des staatlichen Hamburgischen Versuchsfeldes Fünfhausen angebaut waren, zeigten eine Blattfleckenkrankheit, die zum Verdorren der oberen Blatteile führte (1920). Der die Krankheit verursachende Pilz, seine neuaufgefundene Schlauchfruchtform und zwei weitere Schlauchfrüchte, die in deren Begleitung auftraten, bildeten den Gegenstand von Untersuchungen, über die im folgenden berichtet werden soll.

1. *Didymellina macrospora,* die Schlauchfrucht des *Heterosporium gracile.*

Der Konidienpilz. Der Erreger der Krankheit ist *Heterosporium gracile* (Wallr.) Sacc., ein Hyphomyzet aus der Gruppe der Dematieen. *Heterosporium montenegrinum* Bubák, *Scolecotrichum cladosporoideum* Maire und *Sc. iridis* Fautr. u. Rg. sollen nach v. HÖHNEL (Ber. Deutsch. Bot. Gesellsch. XXXVII, 1919, 155) damit identisch sein. W. HIMMELBAUR (Z. f. d. landw. Versuchswesen in Deutsch-Österreich XXIII, 1920, 131) hat kürzlich eine Untersuchung über die Krankheit mitgeteilt, in der er die Krankheitserscheinungen,

das Myzel, die Konidien und ihre Träger beschreibt und eine Reihe von Reaktionen der veränderten Zellwände angibt, die nach seiner Ansicht für eine „teilweise Verkorkung" sprechen. Infektionsversuche waren ohne Erfolg. Nach RITZEMA BOS (Z. f. Pflanzenkr. III, 1903, 87) soll derselbe Pilz auf *Narcissus* eine ähnliche Krankheit hervorrufen.

Den Angaben HIMMELBAURs über das Myzel möchte ich hinzufügen, daß die Hyphen sowohl in den Interzellularräumen verlaufen, wie auch in die Zellen selbst eindringen. Dabei durchqueren sie den zur Verfügung stehenden Raum nicht selten geradlinig, zeigen aber zum großen Teil eine besondere Neigung, sich den Zellwänden außen oder innen dicht anzulegen und ihnen in ihrer Krümmung zu folgen. Zwischen zwei Zellen dringen sie auch wohl in die Wand ein und verlaufen in dieser. In dem kleinzelligen Mesophyll, das zu beiden Seiten unter der Epidermis liegt, bleibt das Myzel verhältnismäßig spärlich, während es in dem großzelligen inneren Mesophyll oft eine auffallend starke Entwicklung erreicht. Hier liegt manchmal eine größere Zahl von Hyphen nebeneinander, gleichlaufend den Membranen angeschmiegt und die Zellen umspinnend. Die knorrigen Konidienträger, die braun gefärbt und erheblich dicker sind als die farblosen vegetativen Hyphen, entspringen meist von Hyphenknäueln, die im Vorraum der eingesenkten Spaltöffnungen nisten; sie können aber auch an beliebigen Stellen die Außenwand durchbrechen. Die Konidien sind zylindrisch, 50—70 μ lang, 16—18 μ dick, an den Enden gerundet und oft ein wenig dicker, durch Querwände meist 4—5-, mitunter auch 2—6zellig; ihre Membran ist bräunlich und dicht mit feinen Warzen besetzt (vgl. Taf. II, Fig. 1 u. 4). In der Kultur erkennt man, daß sie in sympodialen Verbänden gebildet werden können (s. Textabb., Fig. 1). Bei reichlicher Entwicklung bilden sie einen olivenfarbenen Staub auf den Blattflecken. An einem Präparat machte ich die sonderbare Beobachtung, daß sich Konidienträger innerhalb des Blattgewebes gebildet hatten; sie waren länger und blasser als die außen befindlichen, hatten aber normale Konidien abgegliedert.

Färbung mit Bleu coton in Laktophenol und Gegenfärbung mit Orange G in Nelkenöl ist zu Sichtbarmachung des Myzels besonders geeignet.

Reinkulturen aus Konidien. Reinkulturen herzustellen gelang leicht, wenn Blattflecken, auf denen sich Konidien befanden, mit einem Platindraht berührt und die an diesem haften gebliebenen Konidien in den hängenden Tropfen von feuchten

Kammern übertragen wurden. Schon nach 24 Stunden waren aus jeder Teilzelle, oft zu mehreren, lange Keimschläuche hervorgetreten, die sich rasch zu mäßig kurzzelligen (16—32 : 4—7 μ), farblosen, strahlenförmig und etwas schlängelig nach allen Richtungen verlaufenden Hyphen entwickelten. Teilweise bildeten sie kurze seitliche Äste. Sehr bald begann im mittleren Teil der Kultur die Bildung von Konidienträgern in Gestalt auffälliger braungefärbter Äste (Taf. II, Fig. 1 b), die anfangs gerade, später meist bogenförmig gekrümmt und von Anfang an dicker waren als die farblosen vegetativen Hyphen, aus denen sie entsprangen. An ihrem Ende entstand, durch eine Einschnürung getrennt, zunächst eine einzelne Konidie, der bald weitere folgten, wie unten noch genauer gezeigt werden wird.

In Reagensgläser übertragen, breitete sich das Myzel in der schräg gelegten Agarmasse rasch und weit aus und bildete dabei abwechselnde helle und dunkle Zonen, während oberflächlich ein dichtes anliegendes weißes Luftmyzel entstand. Die dunkeln Zonen enthielten zahlreiche dicke braungefärbte, oft bischofsstabartig gekrümmte Konidienträger, die man nebst den daran sitzenden Konidien an Stellen, wo die Agarschicht dünn war, unter schwacher Vergrößerung schon durch die Glaswand hindurch sehen konnte. Später bildeten sich auch Myzelverknäuelungen, die sich aber weder zu Pykniden, noch zu Perithezien entwickelten.

Infektionsversuche mit Konidien. Impfversuche wurden in der Weise ausgeführt, daß von einer größeren Zahl erkrankter Blätter die Konidien mittels eines Pinsels in Wasser abgebürstet und dann mit Hilfe eines Zerstäubers auf die Blätter in Töpfen wachsender *Iris*-Pflanzen, *I. germanica* und *I. pallida*, aufgesprübt wurden. Die Impfung fand am 15. Juli 1920 statt. Dann blieben die Pflanzen längere Zeit unter Glasglocken, was sie gut ertrugen. Nach 3—4 Wochen (14. August) entstanden runde Flecken, 2—3 mm groß, wie Fettflecken durchscheinend, mit bräunlichem Rand. Besichtigung unter dem Mikroskop lehrte, daß auf der einen Blattseite in der Mitte des Flecks jedesmal eine Konidie lag. Die Entstehung des Flecks durch die Wirkung der eindringenden Keimschläuche wird dadurch sehr nahegelegt. *Iris germanica* wurde schneller und reichlicher befallen als *Iris pallida*. Nach 7—8 Wochen (8. September) waren Träger mit Konidien auf den künstlich hervorgerufenen Flecken nachweisbar.

Die Versuche zeigen, daß der Pilz ein echter Parasit ist. Eines besonderen Schwächezustandes der Nährpflanze bedarf er nicht zu seiner Entwicklung, denn die Versuchspflanzen blieben,

von den Pilzflecken abgesehen, durchaus gesund und zeigten keinerlei störende Einwirkung der Behandlung bei der Impfung. Das starke Auftreten der Krankheit bei feldmäßigem Anbau erklärt sich durch die erhöhte Infektionsgefahr bei dichtgedrängtem Wuchs.

Schlauchfrüchte. *Auf überwinterten pilzbefallenen Iris*-Blättern, reichlicher auf den Blütenstengeln, fanden sich im März 1921 Perithezien, die winzige schwarze Höckerchen bildeten. Die auf den Stengeln befindlichen waren zur Untersuchung besser geeignet. Übrigens enthielt nur ein Teil von ihnen reife Sporen, und *außerdem zeigte sich*, daß drei verschiedene Pilze vorlagen, die erst unter dem Mikroskop durch Zerdrücken der Peritbezien unterschieden werden konnten. Reinkulturen ergaben, daß der eine dieser Pilze, der sich durch sehr dickwandige Schläuche und auffällig große zweizellige Sporen auszeichnet (Taf. II, Fig. 2 und 6), *die zugehörige Schlauchfruchtform ist.*

Reinkultur aus Askosporen. Da es nicht gelang, die Perithezien zum Schleudern der Sporen zu veranlassen, mußten die Sporen oder auch ganze Schläuche durch Präparation freigemacht und mittels Nadeln oder enger Kapillarröhrchen aus dem Wasser herausgeholt und in feuchte Kammern übertragen werden. Die Größe der Sporen erleichterte diese ziemlich mühselige Arbeit. Die Entwicklung des Myzels aus einer und derselben Spore ließ sich dann leicht von Tag zu Tag unter dem Mikroskop verfolgen. Am Tage nach der Aussaat waren bereits Keimschläuche vorhanden, die rasch zu kleinen Myzelien aus farblosen, gegliederten und verzweigten Hyphen von 4—6 μ Dicke heranwuchsen. Nach ein paar Tagen traten in der Mitte der Myzelien einzelne Seitenzweige auf, die sich durch größere Dicke (8—10 μ), gestreckteren Wuchs und blaß olivenbraune Färbung unterschieden. Sie glichen durchaus den in den Reinkulturen aus Konidien beobachteten Konidienträgern und hatten auch gewöhnlich schon am folgenden Tage an ihrem oberen Ende eine Konidie gebildet, die den Konidien des *Heterosporium gracile* genau entsprach.

Der Versuch wurde gegen 20mal mit demselben Erfolge wiederholt. Sporen und Konidien sind unverkennbar, so daß Zweifel an der Richtigkeit der Beobachtung ausgeschlossen sind. In mehreren Fällen konnte auch der Zusammenhang der Konidien mit der Spore, aus welcher das Myzel entstanden war, in der Kultur noch unmittelbar verfolgt werden. Die Figuren 4, I—III der Tafel II stellen ein Beispiel dar. Man erkennt in I die Spore a, aus der die Keimschläuche hervorgegangen sind, die sich zum Teil bereits mehrfach verzweigt haben. Unmittelbar neben der Spore ent-

springt seitlich aus dem einen Keimschlauch eine dickere, 55 μ lange, zylindrische Hyphe b, die sich auch durch die dunklere Färbung schon in diesem Zustande als junger Konidienträger zu erkennen gab. Die Aufnahme der Zeichnung I mittels des Zeichenapparats fand am 24. April 1921, vormittags 11 Uhr, statt. Nachmittags um 5 Uhr war der Konidienträger auf 112 μ herangewachsen; in seinem unteren Teil hatte sich eine zweite Querwand gebildet; an dem etwas kopfartig entwickelten Ende zeigte sich ein Spitzchen. Abends 7 Uhr war an dem Spitzchen eine Konidie von 45 μ Länge vorhanden (II, c); diese war bis 11 Uhr auf 60 μ herangewachsen, aber noch einzellig. Am folgenden Tage fand sich in dem Konidienträger (III, b) noch eine weitere Querwand vor; die inzwischen 4zellig gewordene Konidie c war zur Seite gebogen, der neben ihrer Ursprungsstelle weiterwachsende Träger hatte, nachdem er sich um 38 μ verlängert, eine zweite, jetzt bereits 5zellige Konidie d gebildet und war dann neben dieser abermals ein Stück weitergewachsen. Es entstehen auf diese Weise sympodial ausgebildete Konidienstände, die bis 5 Sporen (Textabb., Fig. 1) und vielleicht noch mehr an einem Träger tragen können. Die Kultur auf Agar fördert das Beisammenbleiben der Konidien, während sie bei der natürlichen Entwicklung des Pilzes leicht abfallen.

Durch die vorliegenden Beobachtungen, zu denen nur die Feuchtkammerkulturen unter Deckglas erforderlich waren, ist der Zusammenhang der neu aufgefundenen Schlauchfrucht mit *Heterosporium gracile* schon allein zur Genüge erwiesen.

Daß die aus den feuchten Kammern auf die schräg gelegte Agarschicht in Reagensgläsern übertragenen Kulturen sich hier genau ebenso entwickeln wie die aus Konidien gezogenen, sei nur kurz erwähnt. Ein auffälliges Aussehen nahmen die Kulturen auf sterilisierten *Iris*-Stengeln an. Perithezien wurden aber auch hier nicht gebildet.

Infektionsversuche mit Askosporen. Um mit den Askosporen Impfungen auszuführen, mußten die Perithezien freipräpariert und nach dem Zerdrücken, das mittels einer Nadel erfolgte, einzeln unter dem Mikroskop geprüft werden. Wenn sich dann in dem Wassertröpfchen Sporen oder Schläuche befanden, wurden diese mit einem Kapillarröhrchen herausgefischt und auf junge Blätter von *Iris* übertragen. Ein anderes Verfahren war bei der oben erwähnten Beschaffenheit des Pilzmaterials nicht möglich. Die Arbeit ist mühsam, und auch das Übertragen der Sporen hat seine Schwierigkeit, da nur ganz winzige Tröpfchen an den Blättern

hängen bleiben und auch deren Anheften nur gelingt, wenn sie mit einem kräftigen Ruck und bei geeigneter Haltung der Kapillare herausgeblasen werden.

Aus diesen Gründen mußte die Zahl der Versuche eine beschränkte bleiben. Es wurden 3 kleine Pflanzen *(Iris germanica)* ausgewählt und an diesen vom 5. bis zum 8. April je 2 eben frei gewordene Blätter auf einem 2—3 cm breiten, 2—4 cm unter der Spitze liegenden Streifen geimpft. Da das Verfahren keine Gewähr bietet, daß die mit der Kapillare gefischten Sporen auch wirklich auf die Blätter gelangen, und da auch wohl nicht alle übertragenen Sporen Infektion zuwege bringen, so kann es nicht überraschen, daß die Zahl der Infektionsflecken nicht gerade groß war. Es waren aber auf allen drei Pflanzen einige vorhanden, 7, 4 und 2 auf den einzelnen Pflanzen, und alle nur auf den geimpften Streifen. Sie erschienen nach 25—30 Tagen, waren anfangs glasig, wurden dann allmählich braun, und zuletzt traten auf jedem derselben die unverkennbaren Konidien auf. Der Zusammenhang der Schlauchfrucht mit dem Konidienpilze ist also auch durch diese Versuche bewiesen.

Beschreibung der Schlauchfrüchte. Da die Perithezien nur ziemlich spärlich und zerstreut auf den *Iris*-Stengeln vorhanden waren, habe ich zur Untersuchung eine größere Zahl ausgesuchter Oberhautstücke übereinandergelegt, sie mit Agar verklebt, gemeinsam in Paraffin eingebettet und dann geschnitten. Auf Grund der Untersuchung ergeben sich folgende Merkmale:

Perithezien (Tafel II, Fig. 2 und 6), zerstreut auf überwinterten Blättern und Stengeln von *Iris*-Arten, unregelmäßig kugelig, 130 bis 220 μ dick, mit dicker, etwas schnabelartig vorgezogener Mündungspapille. Peridie gegen 30—50 μ dick, aus 2 bis 3 äußeren Lagen weiter (10—20 μ) braunwandiger und einigen inneren Lagen platter, hellwandiger Zellen gebildet. Mündungspapille 46—77 μ hoch, 60 bis 95 μ dick, außen aus braunen, innen aus hellen, etwas periphysenartigen Hyphenzellen gebildet. Asci wenig zahlreich, meist nicht mehr als 2—3 in einem Perithezienlängsschnitt, kurz und dick, ei-, spindel- oder keulenförmig, oft unsymmetrisch, unregelmäßig und verschieden gestaltet, indem die seitlich gelegenen sich dem Raume in Perithezium anpassen, im Perithezium (Balsampräparate) 60—75 : 20, frisch in Wasser 90—110 : 40—45 μ, Wände nach oben zu sehr dick, bis 10 μ. Sporen in der Richtung der Schlauchachse oder etwas schräg dazu unregelmäßig zusammengelagert, spindelförmig, an den Enden abgerundet, zweizellig, an der in der Mitte befindlichen Querwand ein wenig eingeschnürt, farblos, sehr groß, im Perithezium (Balsam-

präparat) 27—30 : 7—8, frisch in Wasser 40—55 : 13—16 μ; obere Zelle ein wenig dicker als die untere.

Die Bestimmung der vorliegenden Perithezien nach den bekannten Handbüchern führt auf die Gattung *Mycosphaerella*. Innerhalb dieser sind nach den zugehörigen Konidienzuständen zwar mehrere recht verschiedenartige Gruppen zu unterscheiden (siehe KLEBAHN, Haupt- und Nebenfruchtformen der Askomyzeten 1918, S. 131), aber diese Gruppen stimmen doch im Bau der Perithezien im wesentlichen miteinander überein und enthalten insbesondere sämtlich den kugeligen, oft als Ganzes auslösbaren „Kern", der sich aus den schmalen, büschelig von einem unten liegenden Gewebekörper ausgehenden Schläuchen zusammensetzt. Der vorliegende Pilz ist davon auffällig verschieden. Ich glaubte anfangs, eine neue Gattung für ihn aufstellen zu müssen, fand dann aber, daß er eine bemerkenswerte Ähnlichkeit hat mit den von verschiedenen Autoren beschriebenen, gleichfalls auf *Iris* lebenden Pilzen, die V. HÖHNEL (Ann. myc. XVI, 1918, 66) unter dem Namen *D. iridis* (Desm.) in einer neuen Gattung *Didymellina* v. H. zusammengefaßt hat. Die wesentlichsten von V. HÖHNEL angegebenen Merkmale — kurze Mündungspapille der Perithezien, Fehlen der Paraphysen, Fehlen der büscheligen Anordnung der Schläuche, bauchige Anschwellung der Schläuche in ihrem unteren, Verdickung der Wand in ihrem oberen Teile — passen vollkommen zu dem vorliegenden Pilze; nur ist *D. iridis* im ganzen erheblich kleiner, die Sporen messen nur 16—18 : 4 μ. An dem als *Mycosphaerella iridis* (Auersw.) bezeichneten Exsikkat in JAAPs Fungi sel. exs. Nr. 32 konnte ich ferner feststellen, daß die Zahl der Schläuche auch bei diesem Pilze eine sehr geringe ist, kaum mehr als 7—9 im Perithezium. Sie waren übrigens (nach dem Aufquellen mit Laktophenol) nicht oben zylindrisch, wie V. HÖHNEL angibt, sondern im ganzen mehr oder weniger eiförmig; dies ist also kein regelmäßig auftretendes Merkmal.

Die neuen Perithezien müssen also in die Gattung *Didymellina* v. H. gestellt werden. Sie unterscheiden sich von *D. iridis* durch ihre Größe und mögen daher als *Didymellina macrospora* bezeichnet werden. Weitere Unterschiede bestehen darin, daß *D. iridis* nach dem JAAPschen Exsikkat schon auf den lebenden Blättern Perithezien bildet, und daß diesen wahrscheinlich keine Konidien vorangehen, sicher keine *Heterosporium*-Konidien. Als die für die Gattung charakteristischen Merkmale müssen die im Voraufgehenden hervorgehobenen gelten. Der Name *Didymellina*, nach v. HÖHNEL eine *Didymella* ohne Paraphysen, ist übrigens nicht zweckmäßig ge-

wählt, da er Beziehungen zu *Didymella* vermuten läßt, die nicht vorhanden sind.

Das Vorkommen zweier einander so ähnlicher, wenn auch ungleich großer und zweifellos verschiedener Askomyzeten auf derselben Nährpflanzengattung, von denen der eine charakteristische Konidien bildet, der andere nicht (oder mindestens nicht dieselben), ist bemerkenswert, und könnte zu phylogenetischen Betrachtungen verlocken, auf die hier aber nicht eingegangen werden soll. Davon abgesehen, gewährt der neugefundene Zusammenhang Interesse, weil über die Beziehung der Dematieen zu Askomyzeten bisher nur wenig Sicheres bekannt geworden ist.

2. *Pleospora alternariae.*

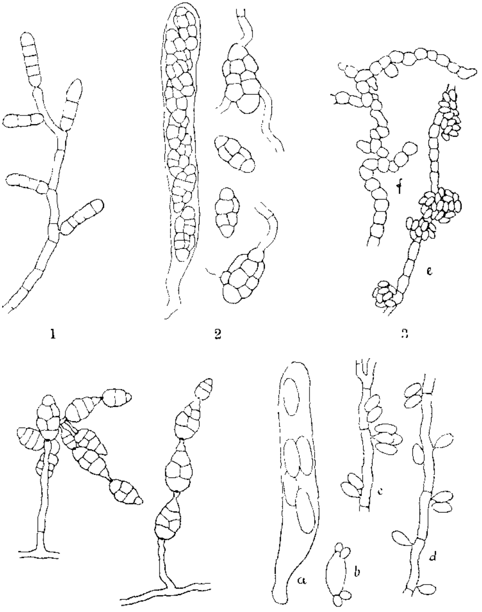
Die beiden anderen auf den *Iris*-Blättern gefundenen Perithezien wurden gleichfalls in Kultur genommen. Der zweite Pilz war eine *Pleospora*, von der früher (Haupt- und Nebenfruchtformen S. 172) untersuchten *Pleospora sarcinulae* Gibelli und Griffini nur wenig verschieden. Die Perithezien waren in größerer Menge vorhanden als die der *Didymellina*, und es gelang daher leicht, Sporen zu erhalten. Diese keimten auf Salepagar binnen 24 Stunden kräftig aus (Textabb., Fig. 2) und bildeten ein rasch wachsendes Myzel, das in ein paar Tagen den Agartropfen der feuchten Kammer ausfüllte. Dann begann an einzelnen Stellen die Bildung von *Alternaria* Konidien in einfachen oder auch in verzweigten Ketten (Textabb., Fig. 4).

Der Entwicklungsgang dieses Pilzes entspricht also dem der *Pleospora alternariae* Gibelli u. Griffini, und ich bin demnach in der Lage, jetzt auch den von den Autoren dieser Pilzform angegebenen Zusammenhang von *Alternaria* und *Pleospora* bestätigen zu können (vgl. GIBELLI und GRIFFINI, Ricerche fatte nel labor. di Bot. crittog. Pavia 1874).

Nach dem vorliegenden Material ergeben sich folgende Merkmale:

Perithezien (Taf. II, Fig. 5) unregelmäßig rundlich, 150—190 μ dick, Peridie aus etwa 3 äußeren Schichten dick und braunwandiger, etwas plattgedrückter Zellen von 6—12 μ Breite und 4—5 μ Höhe und einer größeren Zahl innerer Lagen hell- und zartwandiger Zellen gebildet. Mündungspapille nur wenig angedeutet, nur gegen 30 μ hoch und etwa 50 μ dick, aus hellen platten Zellen gebildet. Asci (Textabb., Fig. 2) zylindrisch, in Wasser bis 120 μ lang und gegen 13 μ dick, in großer Zahl vom Boden der Peridie entspringend, nicht büschelig, mit langen, fadenförmigen, bis zur Papille

vordringenden Paraphysen untermischt. Sporen in einer Längsreihe meist etwas schräg zur Längsachse, in Wasser 16—19 : 7,5—9 μ,



Textabb. Fig. 1. *Didymellina macrospora.* Sympodialer Konidienstand mit 5 Konidien. 180/1. Fig. 2. *Pleospora alternariae.* Schlauch, Sporen und keimende Sporen. 585/1. Fig. 3. *Guignardia pullulans.* e Fadenstück mit Konidienhäufchen, f Endstück eines Fadens mit angeschwollenen Zellen. 294/1. Fig. 4. *Pleospora alternariae.* Konidienstand (Alternaria) in Reinkultur erwachsen. 387/1. Fig. 5. *Guignardia pullulans.* a Schlauch mit Sporen, teilweise entleert, b sprossende Spore, c und d aus Sporen entstandene Myzelfäden mit Konidien. 585/1.

mauerförmig vielzellig, gelbbraun. Querwände oft nur 3, meist aber die beiden mittleren Teile nochmals quergeteilt, so daß 5 Querwände herauskommen, außerdem Längswände im mittleren Teil.

Konidien in Ketten und mitunter in verzweigten Ständen, umgekehrt birnförmig, mauerförmig geteilt, meist mit 3 Querwänden und in der Mitte mit wenigen Längswänden, gelbbraun, 24—28 : 13—14 μ, ohne die Spitze 19—20 μ lang.

Sporen keimend bis 26 μ lang und bis 13 μ dick.

Andere Fruchtformen traten in den Kulturen nicht auf.

3. *Guignardia pullulans*.

Die dritte Perithezienform enthielt ellipsoidische, farblose und einzellige Sporen in zylindrischen Schläuchen (Textabb., Fig. 5). Nach der Aussaat auf Salepagar in feuchten Kammern hatten diese am folgenden Tage gekeimt und teilweise hefeähnliche Häufchen farbloser ellipsoidischer Konidien, teilweise gegliederte Myzelfäden gebildet. Vereinzelt wurden Konidiensprossungen unmittelbar an Sporen bemerkt (Textabb., Fig. 5). Die Zugehörigkeit der hefeähnlichen Konidien ergab sich nach weiteren 24—48 Stunden daraus, daß Konidien der gleichen Art auch an den inzwischen erheblich verlängerten Hyphen gebildet wurden (Textabb., Fig. 3 und 5). Wo sie sich einzeln fanden, sah man, daß sie an winzigen, seitlich aus den Fadenzellen entspringenden Spitzchen entstehen (Textabb., Fig. 5). In der Regel waren weitere Konidien der ersten, diese zur Seite schiebend, alsbald gefolgt, und stellenweise hatten sich große Häufchen angesammelt, deren Entstehung aus den Fäden nicht mehr kenntlich war (Textabb., Fig. 3). Vielleicht können auch die Konidien, den Sporen ähnlich, hefeartig aussprossen. Die Enden der Fäden waren sonderbar verzweigt und bestanden aus kurzen, tonnenförmig gerundeten oder fast kugeligen Zellen (Textabb., Fig. 3). Die Zellen der dünnen Hyphen sind 3 μ dick und 14—35 μ lang, die rundlichen Zellen bis 9 μ dick. Die Maße der Konidien betragen 6—8 : 3—4 μ.

In den in Kanadabalsam eingeschlossenen Mikrotomschnitten wurden Perithezien von folgender Beschaffenheit gefunden:

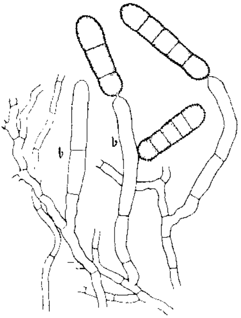
Perithezien (Taf. II, Fig. 3) ellipsoidisch, 100—150 μ dick, 65 bis 85 μ hoch, oben flach gewölbt, ohne Papille. Wand oben 10, unten bis 20 μ dick, aus einer bis zwei äußeren Schichten 6—14 μ weiter Zellen mit tiefbraunen Wänden und einigen inneren Lagen kleinerer, flacher, hellwandiger Zellen gebildet. Es fällt auf, daß an den Ecken, wo die Zellen zusammenstoßen, sich oft kleine Ansammlungen brauner Substanz befinden. Schläuche zylindrisch bis keulenförmig, 35—40 : 10—12 μ, dickwandig, nebeneinander von einem nur wenig und flach hügelartig in die Perithezienhöhle vorragenden Gewebe entspringend, nicht büschelig, wie bei *Mycosphaerella*.

Sporen etwas schräg zur Schlauchachse, in 1—2 unregelmäßigen Reihen, länglich, etwas spindelförmig mit gerundeten Ecken, nach oben zu ein wenig dicker, 9—11 : 3—4 μ, einzellig, farblos. Die Entleerung der Sporen scheint durch unregelmäßiges Aufreißen des oberen Teils der Perithezienwand zu erfolgen.

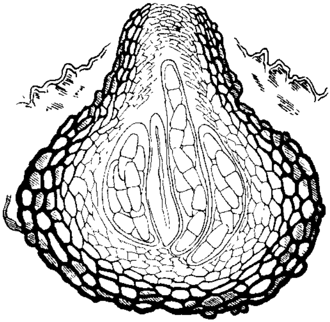
Die angegebenen Maße beziehen sich auf die in Balsam liegenden Mikrotomschnitte. Die freipräparierten, in Wasser liegenden Schläuche und Sporen waren merklich größer, Schläuche zylindrisch bis 90 μ lang, 12—13 μ dick, Sporen länglich ellipsoidisch, 12—16 : 5—5,5 μ. Wegen des Größenunterschiedes hatte ich anfangs Bedenken gegen die Zugehörigkeit des in den Mikrotomschnitten gefundenen Pilzes zu dem in der Kultur untersuchten. Die Bedenken wurden aber durch folgende Gründe zerstreut. Erstens wurde außer den drei hier beschriebenen Pilzen kein anderer gefunden, weder in den Mikrotomschnitten, noch in dem frischen Material. Zweitens zeigte sich, daß derselbe Größenunterschied zwischen den frischen, in Wasser liegenden Schläuchen und Sporen und den in den Balsampräparaten eingeschlossenen auch bei der oben beschriebenen *Didymellina* vorhanden ist. Auch hier waren die in Wasser liegenden frischen Sporen ungefähr 1,5mal so groß wie die in den Mikrotomschnitten enthaltenen.

Die Bestimmung der Perithezien führt auf die Gattung *Guignardia* Viala u. Ravaz, für die andere Autoren den Namen *Carlia* (Bon.) O. Kuntze bevorzugen, und die zuerst als *Laestadia* Auersw. beschrieben worden ist. Auf eine Entscheidung über die richtige Benennung will ich mich hier nicht einlassen. Die Perithezien haben eine unbestreitbare Ähnlichkeit mit denen der *Guignardia Niesslii* (Kunze), die ich in meinen „Haupt- und Nebenfruchtformen" (S. 145) abgebildet habe. Nach dem Verhalten in der Kultur ist es aber trotzdem möglich, daß eine ganz andere Gattung vorliegt. Ohne entsprechende Untersuchung verwandter Pilze läßt sich darüber nichts entscheiden.

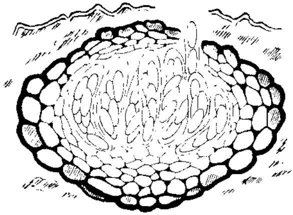
Da die Fungi imperfecti noch lange das Schmerzenskind der Mykologie bleiben werden, ist es zur allmählichen Verbesserung ihres recht mangelhaften Systems wünschenswert, auch den Nebenformen höherer Pilzformen ihren Platz unter ihnen anzuweisen. Leider hat BREFELD dies bei seinen zahlreichen Kulturen nur in wenigen Fällen versucht. Die Bestimmung in Reinkultur erwachsener Pilze nach den nach natürlichen Funden entworfenen Diagnosen ist aber meist nicht leicht. Nach längerer vergeblicher Bemühung führte mich die treffliche alte Synopsis von LEUNIS (3. Aufl.) auf die Gattung *Sporotrichum* Link, in die sich die vorliegende Konidien-



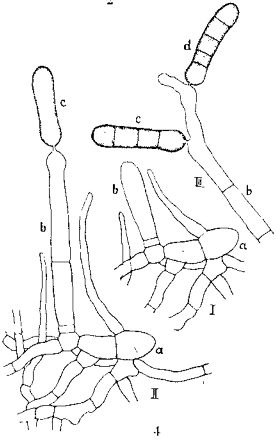
1



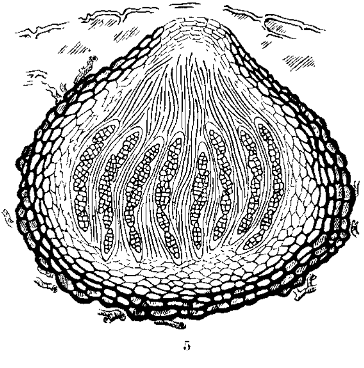
2



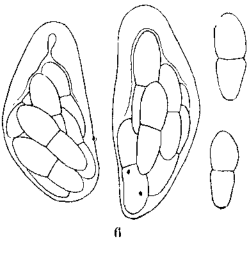
3



4



5



6

form übrigens, wie ich dann sah, auch nach den ausführlichen Diagnosen in ENGLER-PRANTL (I, 1**, 435) und in RABENHORSTs Kryptogamenflora (VIII, 189) ohne Bedenken einordnen läßt. Nur würde man sie nicht unter den „Botrytideen", zu denen LINDAU daselbst *Sporotrichum* stellt, gesucht haben, und sie hat auch mit *Botrytis* sicher nichts zu tun. Wegen der Ähnlichkeit mit *Dematium pullulans* mag sie *Sporotrichum pullulans* genannt werden, falls man unter den Imperfekten einen Namen für sie haben will, was immerhin zweckmäßig sein mag und wenigstens von V. HÖHNEL allgemein durchgeführt worden ist, obgleich es für untergebrachte Konidienformen eigentlich nicht nötig wäre. Sie unter den beschriebenen Arten zu suchen, wäre wohl vergebliche Mühe. Konidienzustände ganz ähnlichen Aussehens habe ich als Verunreinigung in Reinkulturen oft gesehen. Ob es sich in allen Fällen um denselben Pilz gehandelt hat, bleibt eine offene Frage. Aber es war von Interesse, eine derartige Konidienform einmal aus einem Askomyzeten hervorgehen zu sehen.

Figurenerklärung für Tafel II.

Fig 1. *Heterosporium gracile.* Myzel (links) und Konidienträger (b) mit Konidien (rechts) in einer Reinkultur aus Konidien. 320/1

Fig. 2. *Didymellina macrospora.* Perithezium, Längsschnitt. 408/1.

Fig. 3. *Guignardia pullulans.* Perithezium, Längsschnitt. 530/1.

Fig 4. *Didymellina macrospora.* Aus einer Askospore (a in I u. II) erwächst Myzel, an welchem ein Konidienträger (b) entsteht, der endständig eine Konidie (c in II und III) und weiterwachsend eine zweite (d) hervorbringt. 320/1.

Fig. 5. *Pleospora alternariae.* Perithezium, Längsschnitt. 491/1

Fig 6. *Didymellina macrospora.* Schläuche und Sporen in Wasser. 410/1

(8.) P. Metzner: Über Galvanotaxis bei Bakterien.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

Die Galvanotaxis nimmt unter den Reizbewegungen niederer Organismen eine besondere Stellung ein, weil unter dem Einfluß des elektrischen Stromes auch solche Organismen zu einer Einstellung in die Stromrichtung gezwungen werden, die unter anderen Bedingungen zu einer topotaktischen Orientierung nicht immer fähig sind (z. B. *Paramaecium*). Bei meinen früheren Untersuchungen über die Geißelbewegung der Spirillen war ich nun zu dem Ergebnis gekommen, daß diese Objekte schon aus mechanischen Gründen zu einer aktiven Richtungseinstellung nicht befähigt seien. Falls die Spirillen sich als elektrisch reizbar erwiesen, lag hier eine weitere Möglichkeit vor, die Stichhaltigkeit meiner Auffassung zu prüfen, und wegen der Einfachheit des Bewegungsmechanismus bestand ferner die Aussicht, hier irgendwelche Aufschlüsse über das — bisher ja noch in mehr als einem Punkte unklare — Wesen der Galvanotaxis zu gewinnen.

Sieht man sich unter der bisher vorliegenden Literatur um, so findet man, daß die Wanderung von Bakterien unter dem Einfluß des elektrischen Stromes schon häufig untersucht worden ist. Es ist auch in der Tat leicht zu beobachten, daß — besonders bei Anwendung nicht zu schwacher Ströme — sich die meisten Bakterien nach der Anode hin bewegen und dort ansammeln. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich jedoch hier um keine Reizbewegung, sondern um eine rein kataphoretische Wanderung, die eine Folge der elektrischen Aufladung der Bakterienmembran ist. Diese Aufladung und damit die Kataphorese findet sich auch bei unbeweglichen (z. B. Hefe), ja auch bei abgetöteten Zellen und läßt sich durch Zugabe von Salzen und Säuren gesetzmäßig beeinflussen (vgl. die Angaben von CERNOVODEANU ET HENRI, PUTTER, V. SZENT-GYÖRGYI, CLUZET, ROCHAIX ET KOFMAN, WINSLOW, FALK AND CAULFIELD u. a.). Der Nachweis von echten galvanotaktischen Reaktionen[1]) stößt deshalb auf Schwierigkeiten und ist bisher nur von ABBOT AND LIFE für Bacillus subtilis erbracht worden,

1) Leider wird in den Publikationen oft nicht zwischen Galvanotaxis und Kataphorese unterschieden; so bezeichnen z. B. CLUZET, ROCHAIX ET KOFMAN die kataphoretische Wanderung als „galvanotropisme".

auch hier fehlt aber noch eine genaue Beobachtung einzelner Individuen während des Versuches, was zur sicheren Beurteilung der Reaktionsweise erforderlich ist. — Im folgenden soll nur kurz über den Ausfall orientierender Versuche mit verschiedenen Spirillen berichtet werden; eine ausführlichere Darstellung und theoretische Auswertung der Beobachtungen wird später in größerem Rahmen gegeben werden.

Methodik.

Wie bei meinen früheren Untersuchungen wurden Rohkulturen verschiedener Spirillenformen (*Spirillum undula, Sp. serpens, Rhodospirillum photometricum*) benutzt, die zu den Versuchen mit filtriertem Teichwasser verdünnt wurden. Die Beobachtung geschah stets im Dunkelfeld; als Lichtquelle diente eine Handregulierbogenlampe (3—4 Amp.); die Wärmestrahlung wurde durch eine Wasserkammer absorbiert. Die Präparate wurden auf dünnen Objektträgern in üblicher Weise, doch etwas dicker als sonst angefertigt. Größere Dicken wurden — falls erforderlich — durch Unterlegen von Deckglassplittern erreicht. Die Anwendung unpolarisierbarer Elektroden erwies sich bei der kurzen Dauer der Einzelversuche und der geringen Stromstärke nicht als erforderlich, um so mehr, als die Beobachtungen nur in der Mitte des Präparates sofort bei Stromschluß bzw. Öffnung angestellt wurden. An das Deckglas wurden zu beiden Seiten feuchte quadratische Fließpapierstücke (15 mm Seitenlänge) angelegt, die durch isolierte mit Klemmschrauben versehene Tischklammern mit der Stromquelle unter Zwischenschaltung eines Stromwenders und eines Ausschalters verbunden wurden. Durch Verwendung stets frischer Fließpapierscheiben wird übrigens eine Diffusion von Elektrolyseprodukten in das Präparat sicher vermieden. Als Stromquellen wurden Akkumulatoren oder eine Trockenbatterie von 60 Volt Spannung verwendet, von der auch geringere Spannungen abgenommen werden können. Über die Stromdichte können noch keine genauen Angaben gemacht werden; die Stromstärke betrug bei dünnen Präparaten (< 0,1 mm) meist weniger als 1 Milliampere, bei dickeren Präparaten höchstens 2 bis 3 Milliampere.

Die Versuche.

I.

Schon die ersten Versuche zeitigten das auffallende Ergebnis, daß Spirillen tatsächlich eine Orientierung in die Stromrichtung zeigen können, daß dieses Ereignis aber offenbar nur unter bestimmten Bedingungen eintritt. Besonders deutlich war die Erschei-

nung bei den langgestreckten und ziemlich flexiblen Rhodospirillen. Hier ist schön zu sehen, wie kurz nach dem Einschalten des Stromes Ordnung in das Gewimmel kommt, bis schließlich fast alle Spirillen schön parallel gerichtet wie Paramäzien in dem bekannten Vorlesungsversuch durch das Gesichtsfeld schwimmen. Weniger auffällig ist die Erscheinung bei *Sp. serpens;* hier sind auch immer noch andere Schwimmrichtungen vorhanden, und eine einheitliche Schwimmrichtung wird erst viel später erreicht. Bei *Sp. undula* endlich ist niemals eine merkliche Orientierung zu beobachten. Es besteht offenbar ein Zusammenhang zwischen Körperform und Einstellung in die Stromrichtung: langgestreckte Spirillen zeigen eine solche Orientierung, kurze gedrungene Formen sind dazu ungeeignet. Weiter zeigt die Erfahrung, daß in dünnen Präparaten die Orientierung viel rascher erfolgte als in dickeren.

Beide Beobachtungen deuten darauf hin, daß in erster Linie physikalische Faktoren der Versuchsbedingungen für das Eintreten der Orientierung entscheiden müssen. Und das ist in der Tat so: durch die angelegte Batteriespannung wird nämlich im Präparat eine elektreosmotische Flüssigkeitsströmung hervorgebracht, die an den Glaswänden die größte Geschwindigkeit besitzt. Nach der Mitte des Präparates hin nimmt die Geschwindigkeit zuerst rasch, dann immer langsamer ab[1]). Textfigur 1 mag eine annähernde Vorstellung von der Geschwindigkeitsverteilung geben. Wir ersehen daraus, daß benachbarte Flüssigkeitsschichten verschiedene Geschwindigkeiten besitzen. Ein quer zur Flußrichtung liegendes Stäbchen oder Plättchen AB wird demnach von der Strömung an dem einen Ende A rascher fortgetragen werden als an dem anderen, d. h. es wird eine Drehung in die Stromrichtung hinein stattfinden, die erst dann zum Stillstand kommt, wenn die Längsrichtung des Stäbchens mit der Stromrichtung zusammenfällt[2]). Diese passive „Einstellung" wird natürlich um so schneller erfolgen, je größer die Geschwindigkeitsdifferenz der Strömung an den Körperenden ist. Diese Differenz wird bei sonst gleichen Bedingungen, innerhalb gewisser Grenzen, mit der Länge des Objektes zunehmen. In der

1) Bei völlig geschlossener Kammer kehrt das an den Glaswänden zur einen Elektrode strömende Wasser in der Mitte wieder zurück; es wird also die Strömungsrichtung umgekehrt. Für diesen praktisch wichtigen Sonderfall ist durch v. Smoluchowski die Geschwindigkeitsverteilung genau theoretisch untersucht worden. Hier muß ich mich mit der Andeutung der ähnlichen Verhältnisse in meinen nicht ganz geschlossenen Präparaten begnügen.

2) Eine solche Ruhelage wird übrigens nur bei gestreckten Körpern erreicht; annähernd kugelige Objekte werden dagegen in dauernde Rotation geraten.

Nähe des Objektträgers und des Deckglases ist das Geschwindigkeitsgefälle größer als in der Mitte des Präparates, dort wird auch zuerst ein richtender Einfluß bemerkbar sein und schließlich läßt sich zeigen, daß bei gleicher Geschwindigkeit an den Glaswänden bei abnehmender Präparatdicke die Geschwindigkeitsdifferenzen größer werden, die Richtwirkung des Gefälles also ansteigen muß.

Die vorstehenden Betrachtungen gelten zunächst für beliebige unbewegliche Körper; die so erzielte Einstellung ist also kein Kennzeichen einer Reizerscheinung, sondern ein einfacher zwangläufig ablaufender mechanischer Prozeß, den man eher als (passive!)

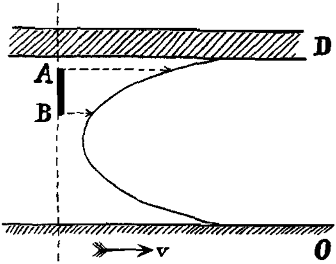


Abb. 1. Verteilung der elektroosmotischen Strömung in einem mikroskopischen Präparat (schematisch). *Die Abscissen geben die relative Geschwindigkeit der* Strömung in den verschiedenen Teilen des Präparates an. D = Deckglas; O = Objektträger im Querschnitt.

„Rheotaxis" bezeichnen könnte, und der bei unbelebten Objekten ebensogut zu erwarten ist wie bei lebendigen Zellen. Daß solche Strömungsdifferenzen die Orientierung beliebiger gestreckter Objekte bewirken können, läßt sich wohl am besten an den von FREUNDLICH und seinen Mitarbeitern untersuchten kolloidalen Lösungen mit stabförmigen Teilchen — etwa einem Vanadinpentoxydsol — zeigen. Bei geeigneter Versuchsanstellung läßt sich bei Beobachtung im polarisierten Licht schon makroskopisch zeigen, wie beim Fließen durch enge Kapillaren infolge der Geschwindigkeitsdifferenzen eine ganz analoge Gleichrichtung der anisotropen Teilchen stattfindet[1]). — Die Beweglichkeit lebender Zellen ist aber nicht ohne Bedeutung.

1) Auch im elektrischen Feld findet eine Gleichrichtung statt, hier allerdings auch ohne Hilfe von Flüssigkeitsströmungen.

Besonders in dickeren Präparaten werden die Organismen bei ihrer ungeordneten Bewegung auch in die Nähe der Glaswände geführt und dort wegen der größeren Richtkraft festgehalten; die Beweglichkeit fördert also zum mindesten die Allgemeinheit der Orientierung. Allzu rasche Eigenbewegung kann allerdings auch die Orientierung erschweren.

Betrachten wir nun nochmals das Ergebnis der eingangs geschilderten Versuche mit Spirillen, so erkennen wir, daß gerade die an Galvanotaxis erinnernde auffällige Richtungseinstellung mit Reizerscheinungen nichts zu tun hat, sondern rein mechanisch bedingt ist; wir fanden auch bereits, *daß langgestreckte Spirillen* sich besser einstellen als kurze. Nur ein Punkt bedarf noch der Erörterung. In dem flachen Präparat herrscht ja nur eine flächenhafte Schichtung der Strömungsgeschwindigkeiten, und wir brauchten eigentlich nur zu erwarten, daß die Organismen sich zwar parallel zu den Glasflächen, in dieser Ebene aber regellos bewegten. Wir würden in diesem Fall allerdings von der Orientierung nichts bemerken. Daß trotzdem auch in dieser Ebene eine Richtungseinstellung eintritt, ist eine Folge der raschen Körperdrehung beim Schwimmen, wie hier nicht weiter ausgeführt werden kann. Tote Spirillen zeigen dementsprechend auch kaum eine Andeutung der Orientierung.

Die Einstellung selbst geschieht also — wie nochmals hervorgehoben sei — rein passiv; die Beobachtungen bilden eine neue Stütze meiner Darstellung der Bewegungsmechanik.

II.

Neben den eben besprochenen Erscheinungen sind aber auch noch Anzeichen einer wirklichen Reizbarkeit durch den elektrischen Strom zu erkennen, freilich nur dann, wenn man das Verhalten einzelner Individuen beim Öffnen und Schließen des Stromkreises oder bei Umkehr der Stromrichtung beobachtet.

Am leichtesten sind die Verhältnisse bei Spirillum serpens zu übersehen. Solche Individuen, die im Augenblick des Stromschlusses senkrecht zur Stromrichtung schwimmen, setzen ihre Bewegung ohne erkennbare Veränderung fort, werden nur bei genügender Stromstärke infolge der Kataphorese seitlich „abgetrieben" wie ein quer zur Stromrichtung schwimmender Fisch[1]). Diejenigen Spirillen aber, die zufällig parallel der Stromrichtung schwammen, verhalten sich ungleich. Ein Teil von ihnen stellt bei Stromschluß seine Geißel-

1) Die passive Einstellung dieser Individuen in die Stromrichtung erfolgt verhältnismäßig langsam.

bewegung sofort ein; bei Öffnung des Stromes oder Wechsel der Stromrichtung erfolgt dann prompt Wiederbeginn der Bewegung. Ein anderer Teil zeigt genau entgegengesetztes Verhalten: bei Stromschluß Beschleunigung der Bewegung, bei Stromwechsel Stillstand, beim Öffnen des Stromes ebenfalls vorübergehende Bewegungseinstellung. Wir sehen also, daß diese morphologisch bipolar gebauten Organismen eine physiologische Polarität besitzen, über deren Natur sich freilich vorläufig noch nichts Sicheres aussagen läßt. Es ließ sich nur feststellen, daß die Polarität ohne ersichtliche Ursache wechseln kann und unabhängig von der jeweiligen Schwimmrichtung ist. Diese Beobachtungen lassen sich besonders gut bei solchen Spirillen anstellen, die sich in kleinen Detritusflocken festgefahren haben, und deren Geißeltätigkeit darum leicht zu verfolgen ist.

Noch weniger auffällig, aber von gleichem Typus ist die Reaktionsweise von *Spirillum undula*. Auch hier verhalten sich senkrecht zur Stromrichtung schwimmende Individuen völlig indifferent; eine gelegentliche Umkehr der Schwimmrichtung ist nicht mit Sicherheit als Reizerfolg zu deuten. Parallel der Stromrichtung schwimmende Spirillen zeigen auch hier Polarität; die Reaktion ist aber hier nicht einfache Bewegungseinstellung, sondern eine typische Schreckbewegung: Die Individuen fahren bei Stromschluß (oder bei Öffnung des Stromes je nach dem Sinn ihrer Polarität) eine Strecke weit zurück, wobei meist eine Wendung erfolgt, und nehmen dann ihre normale Schwimmbewegung wieder auf.

Das Verhalten der Rhodospirillen hatte in meinen Versuchen gelegentlich bei flüchtiger Betrachtung die größte Ähnlichlichkeit mit der Galvanotaxis von Infusorien oder Flagellaten. Umkehr der Stromrichtung hatte nämlich keine Beeinflussung der Geißeltätigkeit zur Folge — wie dies sonst die Regel ist —, sondern die einzelnen Individuen wenden wie topotaktisch reagierende Organismen, indem sie einen kleinen Halbkreis beschreiben, wenn überhaupt die oben analysierten Bedingungen für eine Orientierung gegeben sind. Die Einstellung selbst haben wir als rein mechanisch bedingt erkannt; es fragt sich nur, ob die hier zu beobachtende Wendung wieder als ein Ausdruck physiologischer Polarität aufzufassen ist. Ich möchte das noch nicht entscheiden, neige aber eher zu der Annahme, daß auch diese Wendung mechanisch durch die Umordnung der kataphoretischen Flüssigkeitsströmung und die Besonderheiten der Bewegung verursacht wird. Darüber können erst eingehendere Untersuchungen der mechanischen Verhältnisse bei einem solchen Versuch Klarheit bringen. Es erscheint

also überhaupt fraglich, ob bei den untersuchten Rhodospirillen elektrische Reizbarkeit vorliegt. Wir hätten dann den paradoxen Fall, daß nicht reizbare Organismen eine deutliche „Galvanotaxis" zeigen, während andere Organismen (z. B. *Sp. undula*) trotz deutlicher Reaktion auf elektrische Reize unter den gleichen äußeren Bedingungen nicht „galvanotaktisch reagieren". Jedenfalls lehren die Beobachtungen, wie vorsichtig man in der Beurteilung solcher „Taxien" sein muß, wenn das Verhalten der Einzelindividuen nicht untersucht wird.

Es erscheint mir verfrüht, schon jetzt den mitgeteilten Versuchen theoretische Betrachtungen anzuschließen; ich möchte nur darauf hinweisen, daß die von mir bei den farblosen Spirillen nachgewiesene Polarität eine gewisse Ähnlichkeit mit den von BANCROFT bei *Euglena* gefundenen Verhältnissen zeigt. Auch *Euglena* bleibt im elektrischen Feld bei bestimmter Orientierung unbeeinflußt und besitzt eine andere Lage maximaler Erregbarkeit. Im einzelnen freilich zeigen sich Differenzen, da *Euglena* aktiv in die Stromrichtung einschwenken kann, also topotaktisch reagiert. Auch ist bei *Euglena* die Polarität ein für allemal fixiert und morphologisch festgelegt, während das bei den Spirillen nicht zutrifft.

Zusammenfassung.

Spirillen — besonders die langgestreckten Formen — können unter dem Einfluß des elektrischen Stromes Einstellung in die Stromrichtung — scheinbare Galvanotaxis — zeigen.

Diese Einstellung ist aber keine Reizbewegung, sondern erfolgt rein mechanisch, nur unter bestimmten Versuchsbedingungen und am besten bei normal schwimmenden Individuen. Eine aktive Orientierung findet in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen über die Bewegungsmechanik der Spirillen nicht statt.

Spirillum serpens und *Sp. undula* zeigen auch Reizerscheinungen, die weniger auffällig sind und nur bei bestimmter Orientierung ausgelöst werden. Diese Eigentümlichkeit wird auf das Vorhandensein einer physiologischen Polarität zurückgeführt.

Diese Polarität ist nicht morphologisch festgelegt, sondern kann ihren Sinn auch ohne wahrnehmbaren äußeren Anlaß umkehren.

Berlin-Dahlem, Pflanzenphysiologisches Institut.

Literatur.

1. ABBOTT, J. F. AND LIFE, A. C., Galvanotropism in bacteria. Amer. Journ. of Physiol. **22**, 1908, S. 202.
2. BANCROFT, F. W., Heliotropism, differential sensibility, and galvanotropism in *Euglena*. Journ. of exp. zool. **15**, 1913, S. 383.

3. CERNOVODEANU, P. ET HENRI, V., Détermination du signe électrique de quelques microbes pathogènes. C. R. Soc. biol. **61**, 1906, S. 200.
4. CLUZET, ROCHAIX ET KOFMAN, Sur le galvanotropisme des microbes, C. R Soc. biol. **88**, 1923, S. 779
5. FREUNDLICH, H., Kapillarchemie, 2. Aufl., 1922, S. 558.
6. METZNER, P., Die Bewegung und Reizbeantwortung der bipolar begeißelten Spirillen. Jahrb. f. wiss. Bot. **59**, 1920, S. 325.
7. PUTTER, E., Untersuchungen über Bakterienkataphorese. Zeitschr. f. Immunitätsforsch. u. exp. Therapie. I. Teil Orig. **32**, 1921, S. 538.
8. V. SMOLUCHOWSKI, Elektrokinetische Erscheinungen in GRAETZ Handb. d. Elektrizität u. d. Magnetismus II, 2, 1914, S. 382.
9. V. SZENT-GYÖRGYI, A., Kataphoreseversuche an Kleinlebewesen. Biochem. Zeitschr. **113**, 1921, 29.
10. WINSLOW, C.-E., FALK, S., AND CAULFIELD, F., Electrophoresis of bacteria as induced by hydrogenion concentration and the presence of sodium and calcium salts. Journ. of. gen. physiol. **6**, 1923, S. 177.

(9.) Friedrich Brieger: Untersuchungen über den Wundreiz.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

Durch die Untersuchungen HABERLANDTs und seiner Schule ist der Nachweis erbracht worden, daß die Zellteilungen, die nach einer Verwundung in Dauergewebszellen neu auftreten, durch einen Reizstoff, ein „Wundhormon", der aus toten oder wenigstens geschädigten Zellen frei wird, hervorgerufen werden. Über seine chemische Beschaffenheit ist nichts Sicheres bekannt.

Wenn die Theorie HABERLANDTs auch von einer Reihe von Autoren (vgl. WEBER) scharf kritisiert worden ist, kann sie doch in den Grundzügen aufrecht erhalten werden (JOST). Nur einzelne Punkte, wie die Vorstellungen über die „überreizten Zellen" und das Auftreten eines „Leptomhormons" bedürfen einer Korrektur. Man darf aber auf der anderen Seite nicht zu weit gehen und verlangen, daß alle Fälle, in denen pflanzliche Dauergewebszellen wieder in embryonalen Zustand versetzt werden, auf der Basis der Wundreiztheorie erklärt werden können. Verschiedene Ursachen können denselben Effekt haben. Ganz außerhalb der Diskussion möchte ich vorläufig die Frage der Embryoentwicklung lassen. Eine zu weite Fassung der Theorie hat zu leicht schädliche Unklarheiten zur Folge.

Im Anschluß an JOST erscheint mir die Verwendung des Ausdruckes „Hormon“, der in der Tier- und Humanphysiologie gebräuchlich ist, ohne selbst dort ganz eindeutig definiert zu sein, in unserem Falle wenig zweckmäßig. Der Wundreizstoff hat anscheinend mit den Hormonen s. str. verhältnismäßig wenig gemein: er wird nicht von besonderen Organen der inneren Sekretion gebildet, sondern erst nach einer Verletzung in totem oder geschädigtem Gewebe aktiviert; er wird von seinem Entstehungsort nicht fortgeleitet, sondern breitet sich nur auf relativ kurze Strecken durch Diffusion in Interzellularen usw. aus. Das einzige Konkrete, was wir über ihn und seine Wirkungsweise wissen, ist, daß er wie ein chemischer Reiz wirkt, und dieser Sachverhalt wird durch die Bezeichnung „Wundreizstoff“ genügend eindeutig zum Ausdruck gebracht.

Das Auftreten von Zellteilungen ist nun nur eine, von HABERLANDT willkürlich herausgegriffene Phase der Wundreaktion. Im folgenden soll versucht werden, daneben noch einige weitere Stadien zu analysieren und ihr gegenseitiges Verhältnis festzustellen. Dabei beschränke ich mich vorläufig auf anatomische und einige mikrochemische Feststellungen. Späteren Untersuchungen bleibt es vorbehalten, weitere chemische und vor allem auch physiologische Veränderungen anzugliedern.

Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt: Die zum Versuche ausgewählten Organe wurden mit einem scharfen Messer abgeschnitten und die Schnittfläche in fließendem Wasser gründlich abgespült. Sie wurden dann etwa drei Wochen lang entweder in einer feuchten Kammer oder in Erlenmeyerkolben, in die sie mit ihrer Schnittfläche eintauchten, kultiviert. Als Kulturflüssigkeit diente entweder Wasser oder Gewebesaft. Dieser wurde erhalten, indem Organe der gleichen Art, wie sie zum Versuche verwandt werden sollten, im Porzellanmörser gründlich mit Wasser verrieben wurden. Der Brei wurde mit Wasser aufgenommen, filtriert und das Filtrat verdünnt, bis es nur noch etwas opalisierte. Durch die Verwendung von Wasser und Gewebesaft wurde eine Abstufung der Konzentration des Wundreizstoffes, der ja aus toten Zellen frei wird, erreicht.

T e i l u n g s r e a k t i o n: Entsprechend den Angaben älterer Autoren (HABERLANDT, NĚMEC u. a.) erfolgt eine Teilung von Dauergewebszellen in folgender Weise: Die normale Zelle mit ihrer großen Vakuole wird zunächst durch eine Plasmalamelle in zwei Teile zerlegt. In diese Trennungslamelle wandert der Zellkern und teilt sich in ihr, worauf in normaler Weise die Bildung der Zellwand erfolgt.

Form und Orientierung der Wand sind im Wundgewebe in gesetzmäßiger Weise festgelegt.

1. Die neue Wand teilt die Zelle nicht in zwei gleiche Hälften, sondern sie tritt dem der Wunde zugekehrten Zellende genähert auf. Der Abstand der neuen Wand von diesem Zellende ist von der Zellgröße abhängig, ohne ihr direkt proportional zu sein. Genaue Zahlenangaben werde ich an einer anderen Stelle geben.

2. Die neue Wand wölbt sich konzentrisch um den Wundherd herum, wenn die Zelle einseitig gereizt worden ist (Fig. 4). Bei zweiseitiger Reizung können bei geringem Abstande der beiden gereizten Stellen die beiden Reize in einen verschmelzen, oder aber die neue Wand steht auf der Verbindungslinie der beiden gereizten Wandstellen senkrecht (REICHE). In jedem Falle muß die neue Wand eine Fläche relativ kleinster Oberfläche sein (vgl. Fig. 3—5).

3. Die neuen Wände entstehen in benachbarten Zellen nicht unabhängig voneinander, sondern sie setzen an der gemeinsamen Wand an der gleichen Stelle an. Dieses auffallende Verhalten *läßt sich nicht nur bei Wundgeweben feststellen, sondern in allen* Fällen, in denen in Dauergeweben neue Zellteilungen auftreten, bei der Bildung des interfascikulären Kambiums und des Periderms. Eine Erklärung läßt sich vorläufig hierfür noch nicht geben (vgl. Fig. 4, 5).

Die Intensität der Teilungsreaktion steigt mit der Konzentration des Wundreizstoffes (HABERLANDT, REICHE, BRIEGER).

Zwischen den verschiedenen zu den Versuchen herangezogenen Pflanzen bestehen Unterschiede nur in der Intensität der Reaktion, nicht in der Qualität. Es wurden folgende Organe verschiedener Pflanzen benutzt: Sprosse von *Euphorbia myrsinites*, *Cucurbita pepo*, *Dahlia variabilis*, *Vitis vinifera*, *Tradescantia virginica*, Blattstiele von *Begonia Rex*, *Monstera deliciosa*, *Caladium* sp., Blätter von *Sempervivum tectorum*, *S. holochrysum*, *Bryophyllum crenatum*, *Echeveria scaphyphylla* und Knollen von *Solanum tuberosum*.

Bezüglich der Leichtigkeit des Neuauftretens von Teilungen und der Zahl der neuen Wände, mit anderen Worten der Intensität der Teilungsreaktion, besteht weniger eine Spezifität der verschiedenen Pflanzen als der verschiedenen Gewebearten. Diese lassen sich nach fallender Intensität in folgender Reihe anordnen: Grundparenchym (Sprosse und Blattstiele), Mesophyll, Speichergewebe (Kartoffelknolle) — Hadromparenchym — Epidermis — mechanisches Gewebe und Leptomparenchym, in denen niemals Teilungen auftraten.

W a c h s t u m s r e a k t i o n: Das Wachstum der Zellen beruht auf einer Wasseraufnahme, verbunden mit einem gleichzeitigen Wachstum

der Zellwand. Sehr stark wächst das Volumen der Vakuole, ohne daß dadurch die Konzentration des Zellsafts abzunehmen braucht, da durch chemische Umsetzungen (Verzuckerung der Stärke, Auftreten organischer Säuren) die Konzentration der osmotisch wirksamen Stoffe reguliert wird.

Die Quantität des Wachstums wird vor allem durch drei Faktoren limitiert werden können: durch den Wanddruck, der infolge des Wachstums der Membran im vorliegenden Falle nicht sehr ins Gewicht fällt, die Menge des zur Verfügung stehenden Wassers, das bei der gewählten Versuchsanordnung immer in genügendem Maße vorhanden war, und den Widerstand, den die wachsende Zelle überwinden muß. Vor allem bei Wucherungen innerhalb von Organen wird der Gegendruck der Gewebe eine ausschlaggebende Rolle spielen. Größere kallöse Wucherungen können nur direkt an der Oberfläche auftreten (Blattstiele von *Monstera deliciosa*, Sprosse von *Vitis vinifera* und *Dahlia variabilis*) oder in den äußersten subepidermalen Schichten (Sprosse von *Begonia Rex* und *Cucurbita pepo*), wenn die äußeren Zellagen gesprengt werden können.

Die Form des Wachstums ist lediglich durch den verfügbaren Raum bedingt, durch Größe und Verteilung des Gewebegegendrucks. Es ist oft ein nach der Wunde gerichtetes Wachstum zu beobachten. Es handelt sich aber hier nicht um eine Art von Traumatotropismus, sondern der Grund ist darin zu suchen, daß an der Wundfläche kein Gewebedruck zu überwinden ist. Von den Angaben über einen Traumatotropismus der Zellen bei der Wundreizreaktion sind höchstens die Angaben von REICHE über die haarförmigen Wucherungen in den weiten Interzellularen von *Nymphaea* einwandfrei.

Man erkennt das richtungslose Wachstum der Zellen gut in den Sprossen von *Euphorbia myrsinites*, die durch außerordentlich weite Interzellularen charakterisiert sind. Fig. 1 stellt einen Teil eines Sproßquerschnittes dar; der Sproß war drei Wochen in Gewebesaft kultiviert worden. In der Mitte rechts ist eine mit Wundgummi erfüllte Interzellulare zu erkennen; ihr Inhalt war im Leben braun gefärbt, ist aber in der Zeichnung nach einem gefärbten Präparat schwarz wiedergegeben. Von den angrenzenden Zellen haben sich vor allem zwei sehr stark vergrößert, sie sind aber vorwiegend von dem Wundherd weg in angrenzende leere Interzellularen gewuchert und haben diese zum Teil ganz ausgefüllt (unten).

Bei Wucherungen um einen im geschlossenen Gewebeverbande zentral gelegenen Wundherd, eine tote Zelle oder Zellgruppe oder eine von der Wunde her injizierte Interzellulare, kommt eine weitere

Gesetzmäßigkeit zum Ausdruck. Fig. 2 zeigt in der Mitte eine tote Grundgewebszelle aus dem Blattstiel von *Monstera deliciosa*, um die herum die angrenzenden Grundgewebszellen zu wachsen beginnen. Die Vergrößerung erfolgt zunächst auf Kosten der toten Zelle, die,

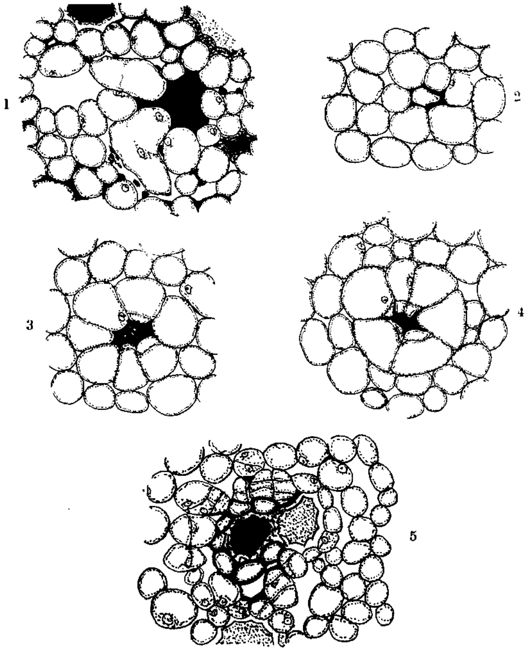


Abb. 1. **Figurenerklärung im Text. Wundgummi schwarz.**

soweit es geht, zusammengedrückt wird (Fig. 2 bis 4). Später ist allerdings die Zelle als solche nicht mehr zu erkennen, da sie ganz in Wundgummi übergegangen ist (Fig. 3, 4). Das weitere Wachstum ist nach außen gerichtet, wodurch die dort angrenzenden Zellen und Interzellularen zusammengepreßt werden. Den Beginn dieses

Stadiums zeigt Fig. 3. Die Wachstumsintensität der einzelnen Zelle ist entsprechend ihren verschiedenen Saugdrucken auch verschieder Bei fortschreitendem Wachstum wächst der Gegendruck der äußere Gewebe beständig und kann sogar unter Umständen größer ode gleich dem Druck einzelner wachsender Zellen werden, so daß dies dann unter Umständen auch zusammengedrückt werden. Das wir soweit gehen können, bis ihr Druck gleich dem Druck der andere wachsenden Zellen ist. Dann bilden die zentral gelegenen wachser den Zellen eine geschlossene Gruppe, die nach außen überall de gleichen Druck entwickelt. Ist auch der Gegendruck der äußere Gewebe gleichmäßig, so muß die zentrale Gruppe nach dei PLATEAUschen Gesetzen eine Oberfläche relativ kleinster Fläch bekommen. Im vorliegenden Falle zeigt sie im Querschnitt Kreis form. Dieses Endstadium ist näherungsweise in Fig. 4 erreicht.

Es wird das Endstadium nicht sehr oft erreicht werdei können, da in vielen Fällen nicht die nötigen Voraussetzungei verwirklicht sind, vor allem die gleichmäßige Verteilung des Ge webegegendruckes. Ähnliche Bilder wie Fig. 4 fanden sich auße in dem Grundparenchym von *Monstera* in den Gefäßbündeln voi *Caladium* und von *Cucurbita*.

Die Wachstumsintensität ist ebenso wie die Intensitä der Teilungsreaktion eine Funktion der Konzentration des Reiz stoffes. Entsprechende Unterschiede wie dort bestehen auch be züglich der Reaktionsfähigkeit verschiedener Gewebearten. Nacl fallender Reaktionsfähigkeit lassen diese sich wieder gleichmäßig für alle Versuchsobjekte in folgender Reihenfolge anordnen: Hadrom parenchym — Leptomparenchym, Grundparenchym der primärei Rinde und der Markstrahlen — Kollenchym, Epidermis — ver holzte Zellen und Markparenchym, in denen bei meinen Objektei niemals eine Reaktion eintrat.

Wundgummibildung: Mit dem Ausdruck „Wundgummi" bezeichnet MOLISCH einen Stoff, der den Gummen besonders in physiologischer Beziehung nahesteht, der aber vor allem mikro- chemisch dadurch charakterisiert ist, daß er alle Holzreaktionen gibt. Er verhält sich chemisch abweichend von den typischen Gummen, besonders in seinem Verhalten gegen Wasser, Alkohol und Äther (vgl. CZAPEK).

Zu seiner Erkennung wurden im Anschluß an MOLISCH fol- gende Reaktionen angewandt, wobei aber nicht vergessen werden darf, daß derartige mikrochemische Methoden mehr oder weniger nur ein vorläufiger Notbehelf sind:

1. Rotfärbung nach Behandlung mit alkoh. Phlorogluzinlösung und Salzsäure; Gelbfärbung mit Anilinsulfat;

2. Rotfärbung mit MÄULEschem Reagenz;

3. Rotfärbung nach Behandlung mit Orange G und Differenzieren mit verd. Säuren;

4. Rotfärbung mit Safranin nach Differenzieren mit verd. Essigsäure; Violettfärbung nach Behandlung mit neutraler wässeriger Gentianaviolettlösung und Differenzieren mit verd. Salzsäure.

Bei Anwesenheit von Wundgummi fielen alle Reaktionen positiv aus. Voraussetzung ist selbstverständlich richtige Behandlung der Reagenzien, vor allem beim Differenzieren.

Die Gummibildung beginnt zunächst in den Teilen der Wand, die mit dem Wundreizstoff direkt in Berührung kommen, und breitet sich erst später weiter aus. Schließlich kann sie die ganze Wand befallen, ohne daß diese dabei Aussehen und Dicke in ungefärbtem Zustande ändert. Bei fortschreitender Gummosis kann der Prozeß schließlich auf den Zellinhalt übergreifen, und Interzellularen und Gefäße können mit einer dichten Gummimasse ausgefüllt werden.

Wenn die Gummosis zu weite Teile der Wand einer Zelle ergriffen hat, so hat es auf die Zelle einen starken Einfluß: sie wird in ihrer Reaktionsfähigkeit gehemmt, es unterbleibt häufig die Verzuckerung der Stärke, es tritt kein weiteres Wachstum und keine Zellteilung ein. Diese Feststellung liefert uns die Erklärung für das Auftreten einer oder einiger Lagen „überreizter Zellen" an Wunden.

Wir können an Wundflächen meistens drei aufeinander folgende Zellschichten unterscheiden. Zu äußerst kommen die Reste der bei der Verwundung verletzten Zellen, in denen Zersetzungsvorgänge, aber niemals eine Bildung von Wundgummi eingetreten ist; dazu sind immer lebende Zellen erforderlich. Es folgen dann 1 bis 3 Schichten, die auf den ersten Blick vollkommen unverändert gegenüber dem normalen Zustand erscheinen, während die nähere Untersuchung zeigt, daß der größte Teil ihrer Wände vergummt ist. Es ist dies die Zone der „überschlagenen Zellen" von OLUFSEN oder der „überreizten Zellen", wie sie HABERLANDT nennt. Wir sehen also, daß *hier nicht*, wie HABERLANDT annimmt, jede Reaktion unterblieben ist, daß die Zellen infolge einer starken Reizung gelähmt sind, sondern daß nur gewisse Stadien der Wundreaktion eingetreten sind, andere ausbleiben müssen. Schließlich folgt die Zone der „eigentlich" reagierenden Zellen, d. h. der Zellen, in denen die Wachstums- und Teilungsreaktion oft zur Bildung von Wundkork

geführt hat. Der Fehlschluß HABERLANDTs ist dadurch bedingt, *daß er nur die Teilungsphase berücksichtigt hat.*

Eine ähnliche Schichtenfolge kann man gelegentlich um innere Wunden finden. *Fig.* 5 zeigt in der Mitte eine verletzte und daher abgestorbene Milchröhre aus einem Sprosse von *Euphorbia myrsinites*, deren Inhalt stark, deren Wände etwas schwächer vergummt sind. Die unmittelbar angrenzenden Zellen sind anscheinend gar nicht verändert, sie sind „überreizt"; die mikrochemische Untersuchung zeigt aber eine positive Wundgummi-Reaktion der Wände in ihrer ganzen Ausdehnung, die in der Zeichnung dadurch angedeutet ist, daß die Wände intensiv schwarz (und daher etwas zu dick) wiedergegeben sind. Eine starke Wachstums- und Teilungsreaktion lassen dann erst die außen daran angrenzenden Zellen erkennen, bei denen nur ein kleiner, dem toten Gewebe zugekehrter Teil Wundgummi-Reaktion gibt.

Die Wundgummibildung wächst, ebenso wie die Wachstums- *und Teilungsreaktion, mit der Konzentration des Reizstoffes.* Die verschiedenen Gewebearten der Versuchsobjekte lassen sich nach ihrer Neigung zur Gummosis in folgender Reihe anordnen: Grundparenchym — Leptomparenchym — Wände des Hadromparenchyms, des Kollenchyms und des Sklerenchyms, seltener ihr Inhalt — Epidermis und kutinisierte Wände reagieren anscheinend nie.

Oxydaseanreicherung: Über diese Erscheinung liegen bereits einige Angaben von GRÜSS vor. Im Anschluß an MOLISCH benutzte ich zum Nachweis entweder Guajakharzlösung und Wasserstoffperoxyd oder α-Naphthol mit oder ohne Nachbehandlung mit H_2O_2. Besonders die zuletzt genannte Reaktion gibt eine sehr klare lokalisierte Färbung. Es liegt eine Oxydase vor, die schon bei Anwesenheit von Luftsauerstoff wirksam ist.

Die Verteilung der Oxydasen in der Pflanze hat MOLISCH genauer untersucht und dabei die älteren Angaben von RACIBORSKI korrigiert. Nach meinen Untersuchungen an Sprossen, Blättern, Wurzelspitzen, Samenanlagen und anderen Objekten läßt sich allgemein etwa Folgendes feststellen: Sehr reich an Oxydasen sind durchweg stark wachsende, noch meristematische Gewebe, ferner das Leptom — diese Beobachtung hat ja RACIBORSKI zu der Vermutung gebracht, daß es ein besonderes „Leptomin" gäbe — und die Milchröhren. Das Grundgewebe gibt keine oder nur schwache Reaktion. Tote Zellen sind immer frei von Oxydasen.

Nach einer Verwundung tritt nun bald eine starke Anreicherung der Oxydase in der Nähe der Wunde ein, besonders in der dritten der oben unterschiedenen Schichten und niemals in der

ersten, toten. Diese Beobachtung konnte ich ausnahmslos bei allen zu der Untersuchung herangezogenen Pflanzen machen.

Die Notwendigkeit der Oxydase für die Wundreaktion legt die Vermutung nahe, daß Gewebe, die besonders reich an Oxydasen sind, fördernd auf die Reaktion einwirken werden. Es kommen hier besonders die Milchröhren und das Leptom in Betracht. Es läßt sich nun leicht beobachten, daß tatsächlich in der unmittelbaren Umgebung der Milchröhren bei Euphorbien die Reaktion besonders stark ausfällt. Eine Förderung durch die Anwesenheit des Leptoms ist von einer ganzen Reihe von Autoren beschrieben worden, vor allem von HABERLANDT und LAMPRECHT. Diese Feststellung haben in HABERLANDT die Vorstellung erweckt, daß von dem Leptom ein besonderer Reizstoff, ein „Leptomhormon", geliefert wird. Die bekannt gewordenen Tatsachen zeigen aber nur, daß vom Leptom ein Stoff geliefert wird, der in manchen Fällen n e b e n der anslösenden Wirkung des Wundreizes die Reaktion ermöglicht, der also nur einen Realisationsfaktor darstellt. Die Förderung macht sich nur in sehr kleinen Gewebstücken bemerkbar, in der Regel in dem angrenzenden Grundgewebe, da die Elemente des Leptoms selbst sehr schlecht reagieren. *In größeren Stücken fehlt aber jeder Einfluß des Leptoms.* Es scheint, daß in diesem Falle überall von dem Grundgewebe die zur Reaktion nötigen Stoffe geliefert werden können. In kleineren Fragmenten sind sie jedoch im Grundgewebe in zu geringer Konzentration vorhanden, so daß jetzt das Leptom als Reservoir einen fördernden Einfluß hat, weil nur in seiner Nähe das zur Reaktion nötige Konzentrationsminimum überschritten wird. Ob es sich hierbei lediglich um die Oxydase des Leptoms, das „Leptomin" handelt, läßt sich nicht sicher entscheiden, ist aber sehr wahrscheinlich.

Die Vermutung, daß das „Leptomhormon" eine Oxydase ist, ist übrigens schon von HABERLANDT selbst gelegentlich geäußert worden, neuerdings auch von JOST.

D i a s t a s e a n r e i c h e r u n g: Ein Schwund der Stärke in stärkereichen Geweben als eine Wundreaktion ist mehrfach beschrieben worden. Es läßt sich dabei beobachten, daß die Stärke in den Zellen besonders stark abnimmt, die auch eine intensive Oxydasereaktion geben. Es ist dies aber an sich selbstverständlich, da nach BIEDERMANN die Oxydasen zugleich diastatische Wirkung haben. *Das Schwinden der Stärke ist also nur eine Folge der Oxydaseanreicherung, keine besondere Phase der Wundreaktion.* Als Abbauprodukt der Stärke läßt sich manchmal reduzierender Zucker nachweisen (FEHLINGsche Lösung, Osazonprobe).

Die Gesamtreaktion: Die vier unterschiedenen Phasen der Wundreaktion sind miteinander eng verbunden. Als erstes Stadium erfolgt anscheinend immer die Oxydasenanreicherung an der Wunde, dann beginnt die Wundgummibildung, die jedoch nicht zu intensiv werden darf, wenn auch noch eine Wachstums- und Teilungsreaktion erfolgen soll.

Über die Beziehung der Wachstums- und der Teilungsreaktion hat HABERLANDT einige Angaben gemacht, wobei er zu dem Schlusse kommt, daß sie vollkommen unabhängig voneinander sind. Durch rein qualitative Untersuchungen kann man aber hier

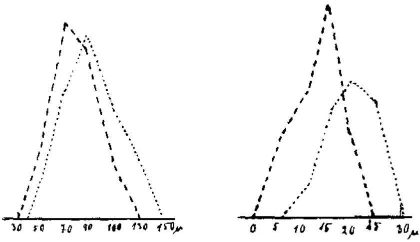
6  7

Abb. 2. Fig. 6. *Monstera deliciosa,* Grundparenchym. Fig. 7. *Caladium* sp., Hadromparenchym. - - - - gestreckte, ungeteilte Zellen. . . . . geteilte Zellen.

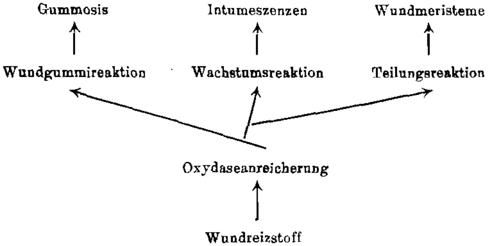
schwer zu sicheren Ergebnissen kommen, da die Zellgrößen stark transgredierend variieren, so daß ein geringes Wachstum leicht übersehen werden kann. Um sicher zu gehen, bestimmte ich die Zellgröße einer größeren Anzahl von Zellen in verschiedenem Reaktionszustand; es stellte sich dabei heraus, daß der auf der gereizten Wundstelle senkrechte Zelldurchmesser einen genügend sicheren Maßstab für die Intensität des Wachstums liefert, da in dieser Richtung das Wachstum vorwiegend erfolgt[1]. Die Messungsergebnisse sind für zwei Objekte in Fig. 6 und 7 wiedergegeben. Es zeigte sich, daß die Kurve der gestreckten und geteilten Zellen deutlich gegenüber der Kurve der Zellen, in denen nur eine Wachstumsreaktion erfolgt war, nach rechts, d. h. in der Richtung der

1) Über diese Messungen wie auch einige andere in der vorliegenden Arbeit erwähnte Feststellungen werde ich in anderem Zusammenhange ausführlicher berichten.

höheren Werte für die Zellgröße verschoben ist. Daraus, wie auch aus der Betrachtung der Form der Zellen, die bei geteilten Zellen immer von der normalen, meist isodiametrischen Form mehr abweicht, ergibt sich der eindeutige Schluß, daß der Teilungsreaktion immer eine, wenn auch zuweilen nur schwache Wachstumsreaktion vorausgehen muß.

Erreicht eine der drei zuletzt genannten Reaktionsphasen eine besonders intensive Ausbildung, so schließt sie eine weitere Entwicklung der anderen aus: es kommt entweder zu einer starken Gummosis oder zu einer Entstehung kallöser Intumescenzen oder geschlossener Wundmeristeme.

Dieser Sachverhalt läßt sich am besten durch das folgende Schema wiedergeben:



Die enge Verknüpfung der hier unterschiedenen Phasen der Wundreaktion lassen den Schluß zu, daß der Nachweis der auslösenden Wirkung des Wundreizstoffes, der für die Teilungsreaktion von HABERLANDT und seiner Schule, besonders H. REICHE, erbracht ist, auch für die anderen Phasen gelten muß. Genau genommen gilt er sogar eigentlich **n u r** für die erste Phase, d. h. jetzt die Oxydaseanreicherung.

Über die Wirkung des Reizstoffes ist noch zu bemerken, daß eine Reizleitung über intakte Zellen immer fehlt. Man erkennt in Fig. 2, 3, 4, 5 ausnahmslos, daß nur die unmittelbar an den Wundherd oder an von dort her injizierte Interzellularen angrenzenden Zellen reagieren, während die an diese anschließenden Zellen entweder unverändert bleiben oder sogar zusammengedrückt werden (Fig. 4).

Die wichtige Rolle, die der Oxydaseanreicherung und der damit in Verbindung stehenden, schon lange bekannten Steigerung

der Atmung bei einer Verwundung zukommt, läßt auch die unbedingte Notwendigkeit des Sauerstoffs für die Wundreaktion, die von einer ganzen Reihe von Autoren festgestellt worden ist und gelegentlich zu der Ansicht geführt hat, der Sauerstoff wäre der eigentlich auslösende Reiz, verständlich erscheinen. Ich möchte hier nur kurz darauf hinweisen, daß anscheinend bei jeder Entwicklungsanregung tierischer und pflanzlicher Zellen einer Zunahme der Oxydationen eine ganz wesentliche Rolle zukommt, wie es auch POPOFF für seine Stimulationsversuche und die Frühtreibeverfahren auseinandersetzt und vor allen LOEB für die künstliche *Parthenogenese gezeigt hat (vgl.* auch SPEK). Diese Beziehungen sollen an einer anderen Stelle diskutiert werden.

Jena, *Botanisches Institut, im August 1924.*

Literaturverzeichnis.

BIEDERMANN, W. u. C. JERNAKOFF. Biochem. Ztschr. 149. 1924. S. 309.
CZAPEK, F., Biochemie der Pflanze. 2. Aufl.
GRÜSS, J., Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten. 17, 1908 S. 65, 193.
HABERLANDT, G., Sitzungsber. Preuß. Akad. Wiss. 1913, 1914, 1919, 1921.
HABERLANDT, G., Beitr. z. allg. Bot. 2, 1921.
HABERLANDT, G., Biol. Ztbl 42 1922. S 145.
JOST, L., Pflanzenphysiologie. Bd. 2, 1924.
KÜSTER, E., Pathologische Pflanzenanatomie. 1916.
LAMPRECHT, W., Beitr. z. allg. Bot. 1, 1918.
LOEB, J., The Organism as a Whole. 1916.
MOLISCH, H., Mikrochemie der Pflanzen. 1921.
OLUFSEN, Beih. bot. Ztbl. 15, 1903.
POPOFF, M., Biol. Ztbl. 43, 1923. S. 244.
REICHE, H., Ztschr. f. Bot. 1923.
SPEK, J., Colloidchem. Beih. 12, 1920.
WEBER, F., Naturw. 16, 1924.

(10.) Johannes Liese: Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Wurzelholzes der Waldbäume.

Das Wurzelholz ist bei den bisherigen Holzuntersuchungen wegen der Schwierigkeit der Gewinnung wenig berücksichtigt worden. Es liegen wohl einige Mitteilungen älterer Autoren (H. VON MOHL, SANIO, SCHACHT) vor, doch beachteten sie die Hauptfunktion des untersuchten Wurzelstückes nur wenig. Die Arbeiten der neueren Zeit (OMEIS, SCHÜTZE, SCHULZE u. a.) haben wohl hierauf Rücksicht genommen, aber meist nur kurz anhangsweise das Wurzelholz besprochen. Die folgende Mitteilung über Wurzeluntersuchungen der Robinie (*Robinia Pseudacacia* L.) und Kiefer (*Pinus silvestris* L.) sollen daher einen weiteren Beitrag hierzu liefern.

I. Robinie.

Einfluß der verschiedenen Entfernung der Wurzelstücke auf die Verteilung der Zellarten im Holze.

Je entfernter ein Wurzelteil von seinem zugehörigen Stamme ist, um so geringer ist offenbar seine mechanische Beanspruchung bei der Verankerung des Baumes; dünne, biegsame Wurzeln aus mehreren Metern Entfernung sind hierfür belanglos. Es war daher anzunehmen, daß dementsprechend auch die Verteilung der Zellarten im Holzkörper eine verschiedene sein müsse. Da beim Laubholz für die 3 Hauptfunktionen, der Festigkeit, Wasserleitung und Speicherung, auch 3 entsprechende Elementarorgane, Libriformfasern, Gefäße und Holzparenchym, vorhanden sind, so eignete sich dieses besonders für meine Untersuchungen. Sehr brauchbar war das Robinienholz, da hier die Libriformfasern in Bündeln zusammengelagert sind und daher die Berechnungen erleichtern.

Zur Bestimmung des prozentualen Anteils der einzelnen Elementarorgane in bestimmten Wurzelstücken wurden Querschnitte angefertigt und die bei schwacher Vergrößerung im Gesichtsfeld sichtbaren, bei Jodzusatz besonders leicht zu unterscheidenden Teile mit einem Zeichenapparat aufgezeichnet. Ihre Größe wurde dann auf jeder Zeichnung durch einen Planimeter festgestellt, die Summe und schließlich der prozentuale Anteil der drei Zellarten an jeder Zeichnungsfläche berechnet. Wo deutliche Jahrringbildung auftrat, die beim Wurzelholz meist schlecht ausgebildet ist

und in größerer Tiefe ganz fehlte, wurde ein über mehrere Jahrringe sich erstreckender Sektor zwischen zwei Markstrahlen aufgenommen. Durch Berechnung einer größeren Anzahl derartiger Flächen wurde möglichst ein Zufallsresultat vermieden. Das Material stammte von sandigen Böden aus der Umgebung von Eberswalde.

Tabelle 1.

	Libriform	Gefäße	Parenchym
Aus 3 m *Tiefe* 4 m seitlich vom Wurzelstock, Durchm. der Wurzel 1 cm .	13,7 %	27,1 %	59,2 %
Aus 2 *m Tiefe ca.* 3 *m seitl. vom Wurzel*stock, Durchm. der Wurzel 3 cm .	15,9 %	35,9 %	48,2 %
Aus ½ m Tiefe 14 m seitl. vom Wurzelstock, Durchm. der Wurzel 2 cm .	19,0 %	41,1 %	39,9 %
¾ m tief am Wurzelstock, Durchm. 7 cm	32,5 %	17,0 %	50,5 %
Stamm (11jähr. Stamm), Durchm. 8 cm	55,0 %	5,8 %	39,2 %
Ast (11jähr. Stamm), Durchm. 2 cm .	67,7 %	6,3 %	26,0 %

Aus der Tabelle ergibt sich, daß mit der Entfernung vom Wurzelanlauf in der Tat die mechanischen Elemente sehr zurücktreten und dafür die Gefäße und Parenchymzellen vorherrschen. Entsprechend der starken mechanischen Beanspruchung in der Nähe des Wurzelstockes sind hier die Libriformfasern sehr reichlich vertreten, um mit der weiteren Entfernung bis auf einen gewissen Grenzwert herabzugehen. Die Gefäße — Tracheiden fehlen — sind etwa 6mal so reichlich im Wurzelholz als im Stammholz vorhanden, was mit der Hauptfunktion der Wasserleitung sehr gut übereinstimmt. Sehr auffallend ist der hohe Anteil der Holzparenchymzellen: über die Hälfte der ganzen Querschnittsfläche wird bisweilen von ihnen ausgefüllt. Im Gegensatz zu den früheren Angaben muß daher *die Funktion der Baumwurzeln* als Speicherorgane besonders betont werden.

Wegen des starken Zurücktretens der Libriformfasern in den entfernteren Wurzelteilen ist auch das spezifische Gewicht hier wesentlich geringer als im Stammholz. So erhielt ich bei Wurzelholz aus 3 m Tiefe hierfür 0,4, während es für das Stammholz auf etwa 0,66 angegeben wird (beides bei absoluter Trockenheit gemessen).

Bezüglich der Ausbildung der einzelnen Elementarorgane ist folgendes zu bemerken:

Gefäße: Die Angabe VON MOHLs bezgl. des Eschenholzes, daß die Weite der Gefäße im Wurzelholz um ein Bedeutendes kleiner als im Stammholz sei, kann weder für ringporige noch für zerstreutporige Hölzer als allgemein gültig angesehen werden. Ich fand sie bei der Robinie im Wurzelholz verschiedener Lage meist gleich, bisweilen sogar größer als in den Frühholzgefäßen des Stammholzes. Da die Spätholzzone mit ihren engen Gefäßen in *den tieferen Wurzeln fast völlig fehlt, so ist die Leitfähigkeit* des Wurzelholzes eine sehr hohe.

Mit welch geringer Energie der Wassertransport hier stattfindet, kann man z. B. daraus entnehmen, daß selbst der schwache Druck einer Gasleitung genügt, um das Gas durch eine ½ m lange, aus 3 m Tiefe stammende Robinenwurzel hindurchzutreiben, was mit Stamm- oder Zweigholz trotz der großen Frühholzgefäße nicht gelingt. Der Grund hierfür liegt nicht so sehr in der verschiedenen Länge der Gefäße — STRASBURGER fand in den Ästen solche von 2 m Länge —, als vielmehr in ihrer großen Anzahl und ihren zahlreichen Querverbindungen; auch sind die Tüpfel im Wurzelholz größer (Durchmesser 12—20 μ gegen 5—10 μ im Stammholz). Ferner kommt noch ein anderer wichtiger Punkt hinzu: das Robinienholz dient allgemein als Schulbeispiel für die Thyllenbildung; man findet häufig sogar den letzten Jahrring mit Thyllen besetzt und nur selten mehr als 3 von ihnen frei. Im Wurzelholz beobachtete ich aber um so weniger Thyllen, je tiefer die Wurzeln gelagert waren; in 2 und 3 m Tiefe waren selbst 3 cm dicke, sicher über 20 Jahre alte völlig thyllenfrei, während flachstreichende teilweise verstopft waren, dann aber meist eine alte Wundstelle in der Nähe besaßen. Die Angaben VON ALTENs über die reichliche Thyllenbildung im Wurzelholz können durch meine Untersuchungen nicht bestätigt werden. Natürlich unterbleibt bei den thyllenfreien Wurzeln auch jede Kernbildung; die ganze Querschnittsfläche ist also während der Lebensdauer der Wurzel funktionsfähig, alle Gefäße kommen für die Wasserversorgung in Betracht. Dieses auffallende Fehlen von Thyllen läßt sich gut durch die kürzlich von KLEIN aufgestellte Theorie erklären, nach der in die Gefäße eindringende Luft die benachbarten Parenchymzellen zur Thyllenbildung veranlaßt. Da in den tief gelagerten Wurzeln ohne besondere Verletzung nie Luft in die Gefäße gelangt, so unterbleibt auch hier die Thyllenbildung, während in die Äste infolge des alljährlichen Erfrierens der jüngsten Teile stets Luft eindringen kann.

Die Libriformfasern zeigen alle in der tertiären Schicht ein gallertartiges Aussehen, wie es von SCHELLENBERG u. a. näher

beschrieben ist. Bereits JACCARD hat darauf hingewiesen, daß es sich nicht, wie jene annahmen, um Reservezellulose handele, die im Frühjahr abgebaut werden kann, sondern daß diese unverholzte, besonders aus Hemizellulose bestehende Schicht bei den während der Bildung stark auf Zug beanspruchten *Libriformfasern* zu beobachten ist. Ich kann diese Angaben völlig bestätigen: fast bei allen Laubbäumen ist sie auf der Zweigoberseite anzutreffen, während sie bei den meisten Sträuchern fehlt. Ebensolche Fasern sind nun in den Robinienwurzeln allgemein zu finden; selbst in 3 m Tiefe und 14 m Entfernung sind sie vorhanden. Sie deuten offenbar darauf hin, daß auch an diesen Stellen während der Ausbildung Zugspannungen vorhanden sind. Berücksichtigt man, daß die Fasern im ersten Winter Stärkekörner enthalten, also noch lebend sind, so können sehr wohl Frosteinwirkungen auf den Boden hierbei eine Rolle spielen.

Die Länge der Libriformfasern im Stamm- und Wurzelholz ist nach meinen Beobachtungen nicht wesentlich verschieden. Im Stamme fand ich[1]) im Frühholz 0,76—1,23, im Durchschnitt 0,99 mm; im Spätholz 1,05—1,47, im Durchschnitt 1,18 mm; in der Pfahlwurzel, etwa 1 m tief, 0,56—1,12, im Durchschnitt 0,8 mm; Seitenwurzel, ½ m tief streichend, 6 m vom Stamm entfernt, 0,98—1,68, im Durchschnitt 1,26 mm; in 3 m Tiefe, ebenfalls für die Verankerung des Baumes nicht mehr in Betracht kommend, 0,7—1,82, im Durchschnitt 1,15 mm. Im Gegensatz zu den folgenden Beobachtungen bei der Kiefer wird also hier das Elementarorgan bei stärkerer mechanischer Beanspruchung in seiner Länge nur wenig geändert.

Die Holzparenchymzellen des Wurzelholzes sind, wie bekannt, wesentlich größer als im Stammholz; so betrug die Höhe der Markstrahlzellen im Durchschnitt 24 μ gegen 15 μ. Auffallend ist, daß auch die Stärkekörner die Vergrößerung mitmachen: ich fand solche von 10—12 μ Durchmesser im Gegensatz zu etwa 7 μ im oberirdischen Holze.

Interesse bot die Lagerung der Markstrahlen am Wurzelanlauf, die nicht immer die gewöhnliche senkrechte Stellung zum Faserverlauf bzw. in orthogonalen Trajektorien aufwies. Vielmehr zeigten sich nicht nur bei der Robinie, sondern allgemein bei allen untersuchten Bäumen an der Ablaufstelle der Seitenwurzeln mehr oder weniger starke Verschiebungen derart, daß die Markstrahlen

1) Die Untersuchungsproben stammten stets aus dem äußeren Holzteil, da die innersten Zellen bekanntlich kleiner bleiben.

auf radialen Längsschnitten von der Achse der Seitenwurzeln schräg nach außen verliefen und daher die Zellreihen sowohl des Holzkörpers als auch der Rinde unter einem spitzen Winkel schnitten. Die Abweichung betrug bis zu 20°. Da derartige Verschiebungen sich an den Abgangstellen der Zweige nicht vorfinden, so müssen hier besondere Zerrungen als Ursache in Betracht kommen. Maßgebend dürfte einerseits die feste Verankerung der tiefgehenden Pfahlwurzel, andererseits das Dickenwachstum der Seitenwurzeln, insbesondere auf ihrer physikalisch unteren Seite sein: hierdurch werden diese mit dem zentralen Teile stark gespannt. Der ständige Zug verschiebt die zartwandigen Kambiumzellen, so daß die neu entstehenden Markstrahlzellen nach beiden Seiten hin gleichsinnig schräg angelegt werden. —

Ähnliche Ergebnisse erhielt ich bei der Untersuchung anderer Laubhölzer (Eiche, Buche). Besonders auffallend war auch bei ihnen stets das starke Vortreten der Holzparenchymzellen mit ihren reichlichen Stärkekörnern in dem Wurzelholz.

II. Kiefer.

Über die anatomischen Verhältnisse des Kiefernholzes liegen Arbeiten von SANIO und OMEIS vor, die aber beide es nur anhangsweise behandelt und daher auf die verschiedene funktionelle Beanspruchung der untersuchten Wurzelteile wenig Rücksicht genommen haben. Bei meinen Untersuchungen wurden Seitenwurzeln bis zu 10 m Entfernung und Pfahlwurzeln bis zu 6 m Tiefe (gewonnen bei den Ausgrabungen des Großschiffahrtskanals und im Bot. Institut der Forstlichen Hochschule aufbewahrt) berücksichtigt.

Da bei der Kiefer wie allgemein den Nadelhölzern für Festigung und Wasserleitung nur eine Zellart, die Gefäßtracheide, in Betracht kommt, war vor allem die bisher am wenigsten gelöste Frage zu beantworten, inwiefern die verschiedene Beanspruchung eine Veränderung der Zellänge verursacht. Die folgenden Zahlen stellen die Ergebnisse einer größeren Anzahl von Messungen dar.

Tabelle 2.

	Durchschnittl. Länge
16jähr. Kiefer, Seitenwurzel 5 cm vom Wurzelstock (vertikaler Durchm. 8 cm). 1.—2. Jahrring 1,54—3,78 mm	2,24 mm
2.—3. Jahrring 3,92—5,6 mm	4,8 „
4. „ 1,54—2,8 „	2,31 „
7. „ Späth. 1,96—2,8 mm	2,38 „
7. „ Frühh. 1,4—2,24 „	1,82 „

	Durchschnit Länge
15. Jahrring Frühh. 1,4—2,1 „	1,68 mm
16. „ Späth. 2,1—2,38 „	1,96 „
16. „ Frühh. 2,1—1,82 „	1,96 „
Dieselbe Kiefer, eine zweite Seitenwurzel (Wurzelanlauf vertik. Durchm. 7,3 cm). 1—2. Jahrr. 1,96—3,64 mm	2,77 „
16. Jahrring 0,98—2,94 mm	2,07 „
1 m entfernt (Durchmesser 3 cm), innen 1,5—8,4 mm .	4,57 „
außen 2,2—6,2 mm	4,7 „
5 m entfernt (Durchmesser 4 mm), außen 4,48—7,42 mm	6,86 „
Seitenwurzel eines 80jähr. Stammes, 4 m entfernt (Durchm. 2,5 cm), außen 7,0 über 9,38 mm . . .	8,26 „
Seitenwurzel einer 50jähr. Kiefer, 10 m entfernt (Durchm. 6 mm), gerade: außen 5,18—9,94 mm . .	7,42 „
dieselbe, gekrümmt: außen 4,2—7,28 mm	5,17 „
Pfahlwurzel einer Altholzkiefer (Alter sicher über 80 Jahre), 1 m Tiefe, außen 2,1—4,34 mm	3,78 „
1½ m Tiefe, außen 1,82—4,9	3,63 „
2½ m Tiefe (Durchm. ¾ cm), außen 1,82—3,78 mm .	2,87 „
6 m Tiefe (Durchm. 4 cm), außen 1,8—6,3 mm . . .	4,2 „

Wegen der Dünnwandigkeit der Wurzelholzzellen und (damit zusammenhängenden schwierigen Mazerierung (SCHULZEscl Gemisch) zerreißen die längeren sehr leicht, so daß bei der Messu der Längen die kürzeren, unverletzten vorherrschen; ein Verglei der durchschnittlichen Längen allein kann daher kein richtiges B ergeben. Auf jeden Fall ist zu erkennen, daß die im ersten Jahrri gelegenen Fasertracheiden wesentlich kleiner als die äußeren, spä gebildeten sind, welche bei hinreichend weiter Entfernung v(Wurzelstock sogar beinahe 10 mm lang werden. Mechanische I anspruchungen vermindern offenbar das Längswachstum, was a den Verhältnissen am Wurzelanlauf hervorgeht: die zunächst erf gende Zunahme bis zum 3. Jahrring wird durch die nunmehr e tretende Beanspruchung bei der Verankerung der jungen Kief(pflanze rückgängig gemacht. Auch SANIO und SCHÜTZE (bei d Fichte) haben die plötzliche Verkleinerung nach anfänglichem Steig der Zellänge beobachtet. Mit der Entfernung vom Wurzelsto vergrößert sich die Zeit, von der ab der Wurzelteil mechanis beansprucht wird; über 3 m entfernte Teile dürften hierfür soll bei alten Kiefern im allgemeinen nur wenig in Betracht komme Krümmungen der Wurzeln veranlassen selbst in 10 m Entfernu: ebenfalls eine Längenverminderung der Fasertracheiden. Weg der starken Beeinflussung der mechanischen Kräfte und ihrer se

veränderlichen Größe kann eine genaue gleichmäßige Längenveränderung im Wurzelholz nicht eintreten. In der Pfahlwurzel bleibt infolge ihrer starken mechanischen Funktion die Zellänge wesentlich hinter der der flachstreichenden Seitenwurzeln zurück. Erst in 6 m Tiefe finden sich vermutlich wegen der hier verminderten mechanischen Beanspruchung größere Längen.

Die Holzparenchymzellen sind bei der Kiefer nicht so reichlich vertreten wie etwa beim Laubholz; die Kiefer ist auch nicht auf eine so starke Speicherung angewiesen wie jene, da sie ja alljährlich nur $^1/_3$ ihrer Krone neu zu begrünen hat. Auch hier sind die einzelnen Zellen größer als beim Stammholz. Auffallend ist schließlich, daß die parenchymatischen Zellen der Markstrahlen häufig statt der normalen, in Einzahl vorhandenen „Fenster"-Tüpfel zu den Fasertracheiden hin mehrere kleinere besitzen, wie sie für andere Kiefernarten (*P. Cembra*) bisher als charakteristisch angegeben sind.

Literatur.

VON ALTEN, Beitr. z. vergl. Anatomie der Wurzeln. Inaug.-Diss. Göttingen 1908.

JACCARD, P., Anatomische Struktur des Zug- und Druckholzes bei wagerechten Ästen von Laubhölzern. Vierteljahrsschr. d. Nat. Ges. Zürich 1917.

KLEIN, Zur Ätiologie der Thyllen. Zeitschr. f. Bot. 1923, S. 417 - 439.

VON MOHL, H., Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. Bot. Zeitung. 1862.

OMEIS, E., Untersuchung des Wachstumsganges und der Holzbeschaffenheit eines 110jährigen Kiefernbestandes. Forstl. nat. Zeitschr. 1895.

SANIO, K., Über die Größe der Holzzellen bei der gemeinen Kiefer. PRINGSH. Jahrb. Bd. 8.

SCHACHT, Der Baum. Berlin 1860.

SCHELLENBERG, Über Hemizellulosen als Reservestoffe bei unseren Waldbäumen. Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. XXIII. 1905.

SCHULZE, E., Über die Größenverhältnisse der Holzzellen bei Laub- und Nadelhölzern. Inaug.-Diss. 1882.

SCHÜTZE, Untersuchungen an Wurzeln der gemeinen Fichte oder Rottanne (*Pinus Abies*). Jahresb. Herz. Gymnas. Blankenburg. 1892.

STRASBURGER, Leitungsbahnen. Jena 1891.

Nachrufe.

Wladimir Arnoldi.

Von
A. BUCHHEIM (Moskau).

Am 22. März 1924 verschied in Moskau im Alter von 53 Jahren Prof. WLADIMIR ARNOLDI. Der Verstorbene war nicht nur ein bedeutender Gelehrter, der auf dem Gebiete der Morphologie und niederen Kryptogamen (Algen) erfolgreich gearbeitet hat, auch als Mensch, als Persönlichkeit wurde der Dahingeschiedene in weiten Kreisen hoch geschätzt. WLADIMIR ARNOLDI wurde in Koslow (Zentralrußland) als Sohn eines Arztes im Jahre 1871 geboren. Nach Absolvierung des 1. Moskauer Gymnasiums besuchte er die Moskauer Universität in den Jahren 1889—1893. Schon während seiner Studien an der naturwissenschaftlichen Fakultät äußert er besonderes Interesse für Morphologie der Pflanzen und arbeitet unter der Leitung von Prof. GOROSCHANKIN. Nach Abschluß seiner Studien bleibt er an der Moskauer Universität tätig und übernimmt die Stelle eines Assistenten am botanischen Laboratorium. Im Jahre 1896 erscheint seine erste Publikation unter dem Titel: „Die Entwicklung des weiblichen Vorkeims bei den heterosporen Lycopodiaceen." Dieser Publikation folgt eine Reihe von Arbeiten aus dem Gebiet der Morphologie der Gymnospermen (1897—1906). *Unter dem Titel „Beiträge zur Morphologie der Gymnospermen"* veröffentlicht ARNOLDI eine Reihe von Arbeiten, in denen er über die Entwicklungsgeschichte von *Sequoia*, *Cephalotaxus*, *Sciadoptitys*, *Dammara* und *Ginkgo* berichtet. In seiner in russischer Sprache erschienenen Arbeit (11) beschreibt er die Befruchtung bei *Cedrus Libani* und *atlantica*, *Pinus Cembra*, *Pinus silvestris* und *Larix europaea*.

Die Beobachtungen, welche der Verstorbene über den Aufbau und die Entstehung des Endosperms bei *Sequoia sempervirens* und *S. gigantea* macht, sind äußerst wertvoll. Hier werden die feinsten Details der Endospermbildung (allmählicher Aufbau der Zellen des Endosperms vermittels der „Alveolen") beschrieben. Unsere Kenntnis der inneren Morphologie dieser Pflanzen wird durch die Untersuchungen des Verstorbenen wesentlich gefördert.

In seinen morphologischen Arbeiten war ARNOLDI bestrebt, die gegenseitigen Beziehungen des Protoplasmas und des Zellkernes aufzuklären. Besonderes Interesse zeigte er für die Reservestoffe der Eizelle. In der Publikation über die Rolle der „Keimbläschen" oder „Hoffmeisters-Körperchen" in der Eizelle der Abietineen (5) wird der Versuch gemacht, den Ursprung dieser Gebilde festzustellen. ARNOLDI spricht die Meinung aus, daß die „Keimbläschen" aus der Deckschichte der Eizelle hervorgehen, und glaubt auch feststellen zu können, daß diese Körperchen nichts anderes als Kerne der Deckschichtzellen sind, welche ins Eiprotoplasma durch die Wandporen der Deckschichtzellen eingedrungen sind. Ein sorgfältiges Studium der „Keimbläschen" wurde schon früher durch GOROSCHANKIN vorgenommen, der in seiner russischen Arbeit, die im Jahre 1880 veröffentlicht wurde[1]), die Meinung STRASBURGERs, daß die Keimbläschen Eiweißvakuolen sind, entschieden bestreitet. Doch bleibt für GOROSCHANKIN die Frage nach der Natur dieser Gebilde unentschieden; nach seiner Meinung könnten diese protoplasmatischen Gebilde entweder Zellkomplexe oder Zellkerne sein.

Trotz der Befunde von ARNOLDI bleibt die Frage nach der Natur der „Keimbläschen" bis heute noch unentschieden. Im klassischen Werk über die Morphologie der Gymnospermen von COULTER und CHAMBERLAIN (1921) werden die Gebilde, die im Eiprotoplasma von *Pinus Laricio* vorkommen, immer noch als „proteid-vacuoles" bezeichnet. Wir glauben annehmen zu dürfen, daß diese Probleme nicht mehr auf dem Wege der reinen Morphologie zu lösen sind. Es ist eine Aufgabe der Physiologie und Chemie geworden, die Entstehung und die Zusammensetzung der Reservestoffe des Eiprotoplasmas zu studieren. Immerhin verdient der Versuch von ARNOLDI, den „Keimbläschen" der Eizelle morphologisch näherzukommen, volle Anerkennung und muß als eine unumgängliche Etappe in der Entwicklung der Wissenschaft angesehen werden.

In den Jahren 1899—1900 unternimmt der Verstorbene eine Reise nach Süditalien, wo er Objekte für seine morphologischen Studien sammelt, und nach München und Kopenhagen. In diesen Städten arbeitet er auf dem Gebiete der Morphologie bei Prof. GOEBEL und Prof. WARMING.

1) GOROSCHANKIN, Über die Corpusceln und den Geschlechtsprozeß bei den Gymnospermen. Wissenschaftl. Schriften der Moskauer Universität, Moskau 1880 (russisch).

Im Jahre 1900 hält der Verstorbene als Privatdozent Vorträge aus dem Gebiete der Algologie an der Moskauer Universität. 1901 erhält ARNOLDI einen Ruf vom Landwirtschaftlichen Institut in Nowo-Alexandria (Gouv. Lublin), und im Jahre 1903 wird er zum a. o. Prof. der Universität Charkoff ernannt. In Charkoff verbleibt er bis zum Jahre 1919 und entwickelt hier eine rege Tätigkeit; unter seiner Mitwirkung werden die höheren Frauenkurse in Charkoff gegründet, er hält Vorlesungen in verschiedenen Lehranstalten und beteiligt sich mit Rat und Tat an der Ausarbeitung von Studienplänen der städtischen Volksuniversität. . . .

In den Jahren 1908—1909 unternimmt ARNOLDI auf Antrag der Akademie der Wissenschaften eine Reise nach dem Malayischen Archipel. Die Eindrücke, die der Verstorbene aus dieser Reise nach Indonesien gewann, sind in seinem im Jahre 1911 erschienenen Buch (15) niedergeschrieben. Dieses Buch ist eine vorzügliche Beschreibung der Natur und Vegetation der Malayischen Inseln; auch die Bevölkerung des Landes, ihre Sitten und Bräuche werden ausführlich geschildert.

Im Jahre 1909 erscheint in der „Flora" die erste Arbeit des Verstorbenen aus dem Gebiete der Algologie. Das Interesse für Algen stammt wohl noch aus seiner Studienzeit (von seinem Lehrer Prof. GOROSCHANKIN).

Auch auf dem Gebiete der Algologie bleibt ARNOLDI reiner Morphologe; ihn interessiert am meisten der innere Bau der Algen, zytologische Fragen werden in seinen Arbeiten kaum berührt.

Nach seiner Wiederkehr aus Java werden weitere Arbeiten über Algen publiziert. Wir können hier nicht näher die einzelnen algologischen Arbeiten von ARNOLDI besprechen, um so mehr, als die Mehrzahl dieser Arbeiten in deutscher Sprache erschienen ist. Es wäre vielleicht aber von Interesse, diejenigen eingehender zu erwähnen, die nur russisch publiziert wurden (13, 22). In der ersten dieser Arbeiten beschreibt ARNOLDI eine Alge aus der Gattung *Compsopogon* (*Compsopogon Chalybaeus*), die er in der Umgebung von Charkoff gefunden hat. Dieser Fund einer tropischen Alge in Zentralrußland ist an und für sich schon äußerst interessant. Der Verfasser gibt eine ausführliche Beschreibung der Alge, er hat auch Aplanosporen derselben beobachtet; seine Publikation ist mit zahlreichen Abbildungen versehen. Bekanntlich wird die Gattung *Compsopogon* in die Gruppe der *Bangiales* eingereiht. Auf Grund seiner Untersuchungen bezweifelt ARNOLDI die Richtigkeit solch einer Einreihung dieser Gattung und meint

mit THAXTER und SCHMITZ, daß wir es hier mit „einer etwas isoliert stehenden Gruppe vegetativ hochentwickelter Formen der grünen Algen"[1]) zu tun haben. In seiner 1914 erschienenen Arbeit (22) beschreibt der Verstorbene einen Organismus aus der Gruppe der *Volvocales* unter dem Namen *Pyrobotris incurva.* Diese Alge wurde im nördlichen Donez im Bezirk Smijew (Gouv. Charkoff) gefunden und stellt einen Kolonialorganismus aus 16 Zellen vor. Die Zellen der Kolonie sind nicht in eine gemeinsame Membran eingeschlossen und verbinden sich miteinander ebenso wie die Zellen bei *Gonium* und *Spondylomorum*. *Pyrobotris incurva* muß nach der Meinung von ARNOLDI unmittelbar neben *Spondylomorum* im System der Algen eingereiht werden.

Ein großes Verdienst des Verstorbenen besteht darin, daß durch seine Arbeiten und seine Energie die Kenntnis der Algenflora Rußlands im letzten Dezennium große Fortschritte zu verzeichnen hat.

Im Jahre 1914 gründet ARNOLDI die biologische Station am nördlichen Donez (Gouv. Charkoff); auf dieser Station wurden zahlreiche algologische Arbeiten ausgeführt.

In den Jahren 1919—1921 arbeitet der Verstorbene im Süden, er beteiligt sich an der Erforschung der Limane des Flusses Kuban (im nördlichen Kaukasus) und untersucht ferner die Algenflora anderer Wasserbehälter. Aus diesen Untersuchungen sind seine letzten Publikationen (23, 24, 25) hervorgegangen.

Die letzten Jahre verbringt ARNOLDI in Moskau, hält Vorlesungen in der Universität über Hydrobiologie und arbeitet in den Sommermonaten in einer wissenschaftlichen Expedition zur Erforschung des Asowschen Meeres.

Auch als Hochschullehrer und Verfasser des Lehrbuches „Einführung in das Studium der niederen Thallophyten", welches längere Zeit das einzige Lehr- und Bestimmungsbuch für Algen in russischer Sprache war, wurde Prof. ARNOLDI von der russischen studierenden Jugend hoch geschätzt.

Aus der Schule von Prof. ARNOLDI ist eine Reihe russischer Algologen hervorgegangen.

Moskau, 20. September 1924.

---

1) SCHMITZ, ENGL. und PRANTL, Die natürlichen Pflanzenfamilien, I. T., 2 Abt., Compsopogonaceae.

Schriftenverzeichnis[1]).

1. 1896. Die Entwicklung des weiblichen Vorkeims bei den heterosporen Lycopodiaceen. Bot. Zeitung, 44. Jahrg.

2. 1899. *Beiträge zur Morphologie einiger Gymnospermen I.*
Die Entwicklung des Endosperms bei *Sequoia sempervirens.*

3. 1899. Beiträge zur Morphologie einiger Gymnospermen II.
Über die Corpuscula und Pollenschläuche bei *Sequoia sempervirens.*
Beides in Bull. d. l. Soc. Imp. d. naturalistes de Moscou 1899.

4. 1900. Beiträge zur Morphologie der Gymnospermen III.
Embryogenie von *Cephalotaxus Fortunei.*

5. 1900. Beiträge zur Morphologie der Gymnospermen IV.
Was sind die „Keimbläschen" oder „Hofmeisters-Körperchen" in der Eizelle der Abietineen? (Vorl. Mitteilung.)
Beides in Flora, Bd. 87, Jahrg. 1900.

6. 1900. Beschreibung der individuellen Entwicklung bei einigen Vertretern der Gruppe Sequoiaceae. Wissenschaftl. Schriften d. Moskauer Universität 1900 (russisch).

7. 1900. Die Ursache der Knospenlage der Blätter. Flora, Bd. 87, 1900.

8. 1901. Beiträge zur Morphologie einiger Gymnospermen V.
Weitere Untersuchungen der Embryogenie in der Familie der Sequoiaceen Bull. d. l Soc. Imp. des naturalistes de Moscou 1900.

9. 1901. Einführung in das Studium der niederen Thallophyten (Morphologie und Systematik der grünen Algen und verwandter farbiger Organismen des Süßwassers). Lehrbuch. Moskau 1901 (russisch). Zweite Auflage 1908, dritte Auflage wird vorbereitet.

10. 1904. Beiträge zur Morphologie der Gymnospermen VI, VII.
Über den Bau der Zellkerne im Embryo von *Ginkgo biloba.*
Die Embryobildung bei *Ginkgo biloba.*
In Memoires de l'institut agronomique et forestier à Nowo-*Alexandria, Vol. XVI. Varsovie 1904 (russisch).*

11. 1906. Morphologische Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei einigen Gymnospermen. Travaux de la Société des naturalistes à l'Université Imp. de Kharkow, T. XL, F. II (russisch).

12. 1909. Algologische Mitteilungen I. *Streblonema longiseta* sp. nov. Flora 1909.

13. 1909. Algologische Mitteilungen II. *Compsopogon Chalybaeus.* Travaux de la Société des naturalistes à l'Université Imp. de Kharkow, T. XLIII (russisch).

14. 1910. Beiträge zur Morphologie der Keimung der *Salvinia natans.* Flora, Bd. 100, 1910.

15. 1911. Reise nach den Malaiischen Inseln. Moskau 1911 (russisch).

16. 1911. Arnoldi und Boenicke: Sur l'appareil chromidial chez quelques plantes gymnospermes et angiospermes. Soertryk af Biologiske Arbeider Eug. Warming 1911 (französisch).

17. 1912. Algologische Studien. Zur Morphologie einiger Dascycladaceen *(Bornetella, Acetabularia).* Flora, Bd. 104, 1912.

---

1) Hier werden nur rein wissenschaftliche und originelle Arbeiten des Verstorbenen berücksichtigt. Populäre Artikel werden nicht zitiert. Eine Anzahl von Arbeiten („Über die Algenflora der Priasowschen Limane", „Plankton des Sees Viktoria Nyanza", „Einige Angaben zur Morphologie und Systematik des Genus *Eudorina*") befinden sich zurzeit im Druck.

18. 1912. Zur Morphologie einiger Euphorbiaceen. Travaux du Musée Botanique de l'Academie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg, livr. IX, 1912.
19. 1913. Materialien zur Morphologie der Meeressiphoneen II. Bau des Thallus von *Dictyosphaeria*. Flora, Bd. 105, 1913.
20. 1914. W. ARNOLDI und M. ALEXENKO. Materialien zur Algenflora Rußlands I. Die Algen des Flusses Woronesh und seines Bassins. Travaux de la Soc. d. nat. à l'Université Imp. d. Kharkow, T. XLVII, F. II, 1914 (russisch).
21. 1914. ARNOLDI et M. ALEXENKO. Materiaux pour servir à l'etude des algues de la Russie II et III. Trav. de la Soc. d. nat. à l'Univ. Imp. d. Kharkow, T. XLVII, F. II, 1914 (russisch).
22. 1914. Ein neuer Organismus aus der Gruppe der *Volvocales: Pyrobotris incurva*. Recueil d'articles scientifiques dédié au professeur CLEMENT TIMIRIAZEFF. Moscou 1916, pp. 51–57 (russisch).
23. 1924. Le liman de Koubau. Une excursion algologique.
24. 1924. Deux excursions au lac Abraou.
25. 1924. Algues des rivières des steppes.
Nr. 23–25 im Journal de la Société Botanique de Russie, Tome 7, 1922 pp. 47—72 (russisch mit französischem Resumé).

Bruno Löffler.

Von
PETER STARK.

Am 8. Juni 1924 wurde BRUNO LÖFFLER, nachdem er schon lange durch eine heimtückische Nierenkrankheit ans Bett gefesselt war, vom Tode aus schwerem Leiden befreit. So ward seinem Schaffen mitten in der Blüte der Jahre ein Ziel gesetzt gerade in dem Augenblick, wo er an dem neuen Wirkungskreis festen Fuß gefaßt hatte und weitgespannte Pläne praktisch-botanischer Arbeit vor seinem inneren Blick auftauchten.

BRUNO LÖFFLER ist geboren am 20. Mai 1888 in Großschönau in Sachsen als Sohn eines Postbeamten[1]). Er besuchte in Löbau 8 Jahre die Übungsschule, und schon in dieser Zeit machte sich das wache Empfinden des Knaben für naturwissenschaftliche Dinge bemerkbar. Anschließend an die Schuljahre trat LÖFFLER — ebenfalls in Löbau — ins Lehrerseminar,

1) Zahlreiche persönliche Daten verdanke ich der Witwe des Verstorbenen sowie Herrn Prof. Dr. J. BUSSE in Tharandt.

das er im Jahre 1908 nach sechsjähriger Ausbildung verließ. Er übernahm zunächst eine Lehrerstelle, gab diese Tätigkeit aber auf, um sich privatim auf das Abitur vorzubereiten, das er dann auch 1911 am Realgymnasium in Zittau bestand. Hierauf studierte er in Tübingen und Innsbruck, wurde aber, ehe er zu einem Abschluß gelangte, im Jahre 1915 zum Heeresdienst einberufen. Nach mehr als zweijähriger Unterbrechung nahm er den alten Faden wieder auf und promovierte im Juni 1918 zu Innsbruck. Schon einige Zeit zuvor hatte er daselbst am botanischen Institut eine Assistentenstelle angenommen, die er bis 1. August 1920 innehatte. Noch unhabilitiert wurde er hier mit Vorlesungen betraut. In diese Zeit fällt seine Verehelichung mit AUGUSTE BRUCKMAYER, in der sich LÖFFLER eine Lebensgefährtin erwarb, die voll treuester Hingabe Freudiges und zumal in der letzten Zeit auch Bitteres mit ihm teilte. Am 1. August 1920 siedelte LÖFFLER einer Aufforderung NEGERs folgend als Assistent an die Forstakademie Tharandt über. Nach der Berufung NEGERs nach Dresden übernahm er dessen Vorlesungen bis zur Neubesetzung der freigewordenen Stelle. Da nunmehr die Professur in die Hände eines forstlichen Praktikers überging, so erhielt LÖFFLER einen Lehrauftrag für morphologische und systematische Botanik, späterhin auch für Vererbungslehre, die durch ihn erstmalig in das Vorlesungsrepertoir von Tharandt eingeführt wurde. Im Oktober 1922 erfolgte seine Habilitation.

Schon im Jahre 1923 machte sich das Leiden, dem später LÖFFLERs Leben zum Opfer fiel, geltend. Aber mit zäher Energie hielt er an seiner beruflichen Tätigkeit fest, die dadurch noch eine besondere Belastung erfuhr, daß LÖFFLER in Dresden die Vertretung des unerwartet verstorbenen Prof. NEGER, seines verehrten ehemaligen Chefs, erhielt. Dadurch wohl noch gefördert verschlechterte sich sein Zustand mehr und mehr, aber noch auf dem Krankenlager versammelte LÖFFLER im Sommersemester 1924 einen Kreis von Studenten zur Vorlesung um sich, und der kleine Raum reichte oft nicht aus, die herbeigeeilten Hörer zu fassen. So ist er bis zum letzten Augenblick mit bewundernswertem Pflichtbewußtsein seinem geliebten Lehrberuf treu geblieben. Kein Wunder, daß ihm darum die Liebe und Verehrung der Studenten in hohem Maße zuteil wurde. Auch im Kollegium erwarb sich LÖFFLER Schätzung und Achtung.

Bezeichnend für LÖFFLER war der glühende Eifer für wissenschaftliches Forschen, eine unermüdliche Hingabe zur Lehrtätigkeit und im beruflichen und sonstigen Leben eine gerade

Offenheit des Sichgebens, die ihn dazu trieb, seiner ehrlich empfundenen Überzeugung Ausdruck zu verleihen, auch auf die Gefahr hin anzustoßen. Mit seinen botanischen Berufsgenossen suchte der Verstorbene stets in engere Fühlung zu treten und zeichnete sich ihnen gegenüber immer durch Hilfsbereitschaft und gastfreundliches Entgegenkommen aus. Alles das sind Züge, die mit innerer Notwendigkeit verbürgen, daß sein Bild bei allen denen weiterleben wird, die mit ihm in engere Berührung kamen.

Die Arbeiten LÖFFLERs gruppierten sich in erster Linie um die ökologische Gruppe der Kletterpflanzen. Auf das anatomische Gebiet führt uns die „Entwicklungsgeschichte und anatomische Untersuchung des Stammes und der Uhrfederranken von *Bauhinia* (*Phanera*) sp.“ (2). Dieser Untersuchung lag eine nicht näher identifizierte Art zugrunde, die nicht dem bandförmigen Typus angehört. Es ergab sich ein sehr auffälliger Kontrast zwischen dem jugendlichen, aufrechten, normal gebauten Stamm mit biegungsfester Struktur, viel mechanischem Gewebe und zurücktretenden leitenden Elementen auf der einen Seite und den zug- und torsionsfest gebauten Klettersprossen auf der anderen Seite, die einen zerklüfteten Holzkörper, viel sekundäre Rinde und eine Fülle weitlumiger Gefäße mit bis 550 μ Durchmesser aufweisen. Die bezeichnende Lianenstruktur kommt dadurch zustande, daß im periaxialen Teil des Holzkörpers zwischen die eigentlichen Holzelemente „Dilatationsparenchym“ eingeschaltet wird und späterhin das Kambium stellenweise überhaupt aussetzt, wodurch sich dann Rindenkeile zwischen das Holz einschieben und zur immer weiter fortschreitenden flügelartigen Auflockerung beitragen. Dieser Vorgang wird noch dadurch verstärkt, daß auch zentral, d. h. im Markzylinder Dilatationsparenchym erscheint, eine Beobachtung, durch die eine Kontroverse zwischen SCHENCK und WARBURG im SCHENCKschen Sinn entschieden wird. Einen andern Entwicklungsgang schlagen die Ranken ein, die sich hier entwicklungsgeschichtlich ebenfalls von Sprossen herleiten. Die trachealen Elemente treten zurück, und es sind fast nur Fasern vorhanden. Man kann bei den Ranken einen radiär gebauten, geraden, basalen Teil unterscheiden und die eigentliche Ranke, welche die charakteristische uhrfederartige Aufrollung zeigt. Dieser spiralige Teil ist im Querschnitt abgeplattet und auf der Innenseite stark behaart. So gibt sich die dorsiventrale Struktur schon in der äußeren Morphologie zu erkennen. Stärker noch tritt sie im anatomischen Bau hervor. Die Außenflanke streckt sich rascher und reift schneller aus. Die Innenflanke zeigt beim

Greifen eine starke Verkürzung und macht nunmehr eine verspätete Verholzung durch. Es tritt jetzt eine sehr starke Verdickung ein, die bis zu 1,9 cm Durchmesser führen kann.

In zwei weiteren Untersuchungen beschäftigte sich LÖFFLER *mit der Erscheinung des Spitzenersatzes durch das Austreiben* von schlafenden Knospen bei den Windepflanzen[1]). Diese Studien wurden angeregt durch eine Beobachtung an *Banisteria chrysophylla*, die im Gewächshaus ihren Spitzentrieb verlor. Es zeigte sich nun, daß an dem zurückliegenden Internodium zwei Knospen auszutreiben begannen, von denen sich aber nur die eine, die der Stütze anlag, wieder zu einem Langtrieb von 8 cm entwickelte, während die andere einen Kurztrieb von gänzlich abweichendem Aussehen erzeugte. Dies führte LÖFFLER zu der Vermutung, daß für die Ausbildung zu windenden Langtrieben der Kontaktreiz entscheidend ist. Tatsächlich konnte er an zwei weiteren Objekten, *Periploca graeca* und *Dioscorea sativa* dasselbe Verhalten verzeichnen, während sich *Ceropegia* insofern noch extremer verhielt, als überhaupt bloß auf der Kontaktseite ein Austreiben stattfand (1).

Diese Beobachtungen wurden nun in einer zweiten Arbeit weiter verfolgt (3). Bei Arten mit kollateralen (*Lupinus*) oder serialen (*Hexacentris*) Beiknospen konnte derselbe Vorgang mehrmals hintereinander hervorgerufen werden, indem jeweils der neuentstandene Ersatztrieb wieder entfernt wurde. Dabei zeigten dann regelmäßig wieder gerade die stützennahen Knospen eine Förderung, indem sie entweder allein austrieben (*Hexacentris*) oder den andern in der Entwicklung voraneilten.

Daß bei den geschilderten Vorgängen nicht etwa die Lichtverhältnisse als auslösendes Agens wirken, konnte durch Verdunklungsversuche, sowie durch künstlich veränderte Lichtverteilung dargetan werden. Man könnte aber auch weiterhin innere Faktoren, die in der physiologischen Struktur der Windesprosse verankert sind, zur Erklärung heranziehen. Gegen diese Deutung sprechen aber Experimente, die mit jungen, noch geradewachsenden *Phaseolus*keimpflanzen, die noch keine Tendenz zum Winden zeigten, angestellt wurden. Wurde bei solchen Keimpflanzen deren Stengel seitlich im Bereiche des einen der beiden opponierten Blattpolster eine Stütze angepreßt, dann zeigte der hier entstehende Seitensproß eine viel üppigere Entfaltung

1) LÖFFLER spricht hier von Regeneration, doch handelt es sich nach der neueren Nomenklatur um Restitutionserscheinungen.

als der gegenüberstehende. Beweisender noch ist die Tatsache, daß dann, wenn man entweder die Stütze dem Stengel genau in der Mitte zwischen den beiden Blattpolstern anlegt oder aber durch Doppelstützen beiderseits gleichen Kontakt herstellt, eine gleichmäßige Entwicklung der opponierten Triebe zu verzeichnen ist.

In seiner letzten diesem Gebiet angehörigen Mitteilung (4) zieht LÖFFLER einen Vergleich zwischen den Winde- und den Rankenpflanzen, jenen beiden großen Lianengruppen, die zwei verschieden differenzierte Bautypen mit demselben Endziel darstellen: durch kletternde Lebensweise günstige Lichtlagen zu erreichen. Aber bei aller Gegensätzlichkeit bestehen doch mannigfache Berührungspunkte. LÖFFLER erwähnt als solche:

Erstlich die beiden Gruppen gemeinsame Befähigung, die Zirkumnutationen in den Dienst des Kletterns zu stellen, wobei sie freilich im einzelnen verschiedene Wege gehen: bei den Windepflanzen werden die Zirkumnutationen als ein maßgebender Faktor miteinbezogen in den komplizierten Windevorgang, bei den Rankenpflanzen dienen sie dazu, den Ranken das Auffinden der Stütze zu ermöglichen, und gelangen — wie bei den Windepflanzen — noch im fertigen Reaktionsbild dadurch zur Erscheinung, daß das Umfassen der Stütze in spiralig nebeneinanderliegenden Windungen erfolgt.

Eine weitere Übereinstimmung liegt in dem wiederum sowohl den Windepflanzen, wie auch den Rankenpflanzen zukommenden Vermögen, haptotropische Reaktionen auszuführen, wie solche speziell bei den Windepflanzen auch LÖFFLER im Einklang mit BRENNER, FIGDOR und STARK nachweisen konnte. Daß diese hier aber keine solchen Ausmaße erreichen wie bei den Ranken, ist ökologisch wohl verständlich, weil sie sonst ein Hemmnis beim raschen Emporsteigen an der Stütze darstellen würden. Ihre Bedeutung erschöpft sich mutmaßlich darin, daß sie das Anlegen an die Stütze verstärken.

Ein dritter gemeinsamer Zug ist schließlich der, daß beide Gruppen durch erfolgten Kontakt in ihrer Entwicklung gefördert werden. Für die Windepflanzen bilden die geschilderten Tatsachen ja einen deutlichen Beleg. Aber darüber hinaus mißt LÖFFLER den Berührungsreizen einen weitgehenden Einfluß auf das gesamte Gedeihen der Windepflanzen zu. Es ist bekannt, daß sie zu viel üppigerer Entfaltung gelangen, und daß ihre Lebensdauer verlängert wird, wenn sie die Möglichkeit des Greifens finden. Auf der anderen Seite verkümmern sie, wenn sie über die Stütze hinauswachsen. Das läßt sich nicht etwa so

erklären, daß durch die gehemmte Weiterentwicklung ein Hungerzustand eintritt, denn die Vorgänge sind dieselben, wenn basale Reservestoffbehälter vorhanden sind, und mit dem Kümmern des Haupttriebes geht verstärkte Seitentriebbildung Hand in Hand. Ausserdem deutet der Umstand, daß bei dem Kümmern ein aktives Abstoßen der Blätter erfolgt, darauf hin, daß hier ein besonderer Reizvorgang *vorliegt, bei dem wohl auch der mangelnde Kontakt* eine Rolle spielt. Ähnliche Verhältnisse hat GOEBEL bei „Suchern" beobachtet, die keine Stütze finden.

Ganz entsprechend scheinen die Dinge nun auch bei den Rankenpflanzen zu liegen. Schon SACHS hat darauf hingewiesen, daß hier der perzipierte Kontaktreiz zu einer Förderung des Gesamtgedeihens der Pfanze führt, und daß nicht nur die Ranken, sondern auch die Laubsprosse nach dem Greifen erstarken. In diesem *Zusammenhang führt* LÖFFLER *Beobachtungen an, wonach* Rankenpflanzen, wofern die Ranken künstlich auf ein Mindestmaß eingeschränkt sind, eine auffällige Hemmung der Entwicklung zeigen auch dann, wenn dem Sproßwerk durch ein künstlich gespanntes Drahtnetz ein Halt geboten wird. Hier sind eben die spezifischen Organe zur Aufnahme des Kontaktreizes mit seiner stimulierenden Wirkung weitgehend ausgeschaltet.

All diese Dinge, auf die LÖFFLER hier die Aufmerksamkeit lenkt, verdienen weiterhin ganz zweifellos eine genauere Analyse. Es wird sich dabei vielleicht herausstellen, daß Thigmowachstumsreaktionen und Thigmomorphosen — zwei Ausdrücke, die LÖFFLER selbst noch nicht verwendet — eine größere Bedeutung besitzen, als bislang bekannt war.

In ein anderes Gebiet führt uns die Habilitationsschrift des Verstorbenen: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der weiblichen Blüte, der Beere und des Saugorgans der Mistel (5). LÖFFLER hat hier den Werdegang der Mistelblüte von der Entstehung bis zur Fruchtreife anatomisch verfolgt und ist weiterhin der Keimung der Samen auf der Wirtspflanze durch morphologische und anatomische Studien nachgegangen. Die Arbeit bringt eine Menge wertvoller, neuer Einzelbeobachtungen, die unsere Kenntnis von diesen Vorgängen in schöner Weise vervollständigen.

In seiner Tharandter Antrittsvorlesung schließlich über die Grundlagen, Aufgaben und Ziele einer forstlichen Pflanzenzüchtung (6), die programmatischer Natur ist und gewissermaßen den Niederschlag seiner Vorlesung über Vererbungslehre darstellt, lenkt LÖFFLER den Blick auf die hohe Bedeutung, die einer *methodisch durchgeführten forstlichen Züchtung für die Er-*

zielung höherer Erträge zukommt. Er weist auf die entsprechende Förderung hin, welche die Landwirtschaft durch die engere Berührung mit der modernen Vererbungserforschung erfahren hat. In knappen Strichen werden die Gesichtspunkte entworfen, nach denen die Forstwirtschaft vorzugehen hat, um zu ähnlichen Ergebnissen zu gelangen. Es steht außer Zweifel, daß in dieser Richtung noch sehr viel zu fordern, aber ebensoviel zu erwarten ist. LÖFFLER selbst trug sich mit dem Plan, seine wissenschaftliche Tätigkeit in dieses Geleis zu lenken. Es ist ihm versagt geblieben, auf diesem Boden Früchte zu ernten. Möge es sein wissenschaftliches Vermächtnis sein, daß die fruchtbaren Anregungen, die er hier gegeben hat, einen dankbaren Boden finden.

Schriftenverzeichnis.

1. Über den Entwicklungsgang einer *Banisteria chrysophylla* Lam. und Regeneration des Gipfels bei Windepflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 31. 1913.
2. Entwicklungsgeschichte und vergleichende Untersuchung des Stammes und der Uhrfederranken von *Bauhinia* (*Phanera*) sp. Denkschr. d. math. nat. Kl. K. K. Ak. Wiss. Wien. 1914.
3. Experimentelle Untersuchungen über Regeneration des Gipfels und Kontaktempfindlichkeit bei Windepflanzen Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 37. 1919.
4. Über den Klettervorgang und die Entwicklung von Winde- und Rankenpflanzen. Biol. Centralbl. 43. 1923.
5. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der weiblichen Blüte, der Beere und des Saugorgans der Mistel. Tharandter forstl. Jahrb. 74. 1923.
6. Grundlagen, Aufgaben und Ziele einer forstlichen Pflanzenzüchtung. Berlin. 1923.

Hans Conrad Schellenberg.

Von

DÜGGELI (Zürich)[1].

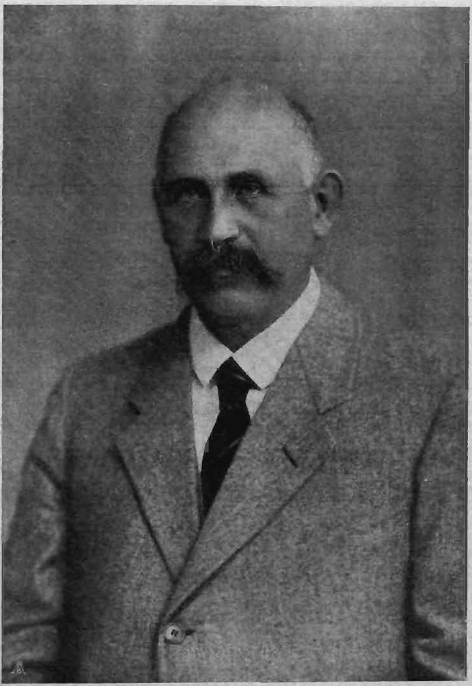
(Mit Bildnis im Text.)

HANS CONRAD SCHELLENBERG wurde am 28. April 1872 in Hottingen geboren, wo an der Hofstraße das väterliche Heimwesen lag. Nach Absolvierung der Primar- und Sekundarschule widmete sich der aufgeweckte Knabe in Boudry der landwirtschaftlichen Praxis und absolvierte die zweikursige landwirtschaftliche Schule in Cernier. Er trat sodann in seinem 18. Altersjahre mit der Eidg. Technischen Hochschule, die in seinem Leben eine so wichtige Rolle spielen sollte, zum erstenmal in Berührung. Nach bestandener Aufnahmeprüfung studierte er an der landwirtschaftlichen Abteilung unter den unvergeßlichen Pionieren unserer Urproduktion, den Professoren KRÄMER, NOWACKI und SCHULZE. Die Studienjahre waren für ihn eine Zeit reichen geistigen Schaffens. Mit großer Tatkraft und Entschlossenheit holte der junge Mann in kurzer Zeit nach, was ihm an voller Vorbereitung zu seinem Studiengang fehlte. Nach fünf Semestern, während derer nicht nur ganze Arbeit geliefert wurde, sondern auch die studentische Fröhlichkeit zu ihrem Rechte kam, verließ er mit seinem Studienfreund, Prof. LAUR, durch das Diplom als akademisch gebildeter Landwirt ausgezeichnet, die ihm lieb gewordene Hochschule.

Mit dem ihm schon damals eigenen Scharfsinn erkannte der junge Mann, daß die verhältnismäßig sehr kurze Studienzeit ihm noch nicht die umfassende Bildung gab, die er für das Leben als notwendig erachtete. Da er sich während seines Zürcher Studiums schon zu botanischen Problemen hingezogen fühlte, so beschloß er, beim berühmten Schweizer Gelehrten SCHWENDENER an der Universität Berlin die ihm von den Zürcher Professoren CRAMER

1) Herr Professor Dr. DÜGGELI hat bei der Beerdigungsfeier, die am 30. Oktober 1923 in der Kreuzkirche in Zürich stattfand, seinem Freunde und langjährigen Kollegen SCHELLENBERG eine warm empfundene Gedächtnisrede gehalten, die zusammen mit anderen bei der Feier gehaltenen Ansprachen *in einer kleinen Gedächtnisschrift veröffentlicht* worden ist. Herr Prof. DÜGGELI stellte den Nachruf der Gesellschaft in freundlicher Weise zur Verfügung. Mit seiner Erlaubnis wurde die Trauerrede vom Unterzeichneten für unsere Berichte etwas umgearbeitet und gekürzt, im wesentlichen aber unverändert übernommen. B. LEISERING, Schriftführer.

und SCHRÖTER vermittelten botanischen Kenntnisse zu erweitern und zu vertiefen. Leuchtenden Auges erzählte er noch kurz vor seinem Tode von jenen gesegneten Berliner Tagen, da er mit SCHWENDENER gemeinsam arbeiten durfte. Er widmete sich aber



auch mit Eifer andern Fächern und besuchte Vorlesungen an der landwirtschaftlichen Hochschule. In Berlin verfaßte er seine Promotionsarbeit, betitelt: „Beiträge zur Kenntnis der verholzten Zellmembran", die er, nach Zürich zurückgekehrt, an der philosophischen Fakultät II der Universität einreichte.

Nachdem er zunächst als Assistent an der Eidg. Samenkontrollstation unter ihrem Begründer und Leiter Dr. STEBLER tätig gewesen war, wurde er als Lehrer an die landwirtschaftliche Schule seines Heimatkantons im Strickhof berufen. Mit Feuereifer bearbeitete er den ihm durch das Hochschulstudium vermittelten Vortragsstoff derart, daß er dem Verständnis seiner auf Mittelschulstufe stehenden Schüler zugänglich wurde. Dabei leistete ihm sein Vertrautsein mit allen Arbeiten des bäuerlichen Betriebes und sein ungemein praktischer Sinn wertvolle Dienste. Seine Schüler wußten seine Bemühungen zu schätzen und brachten ihm Liebe und Verehrung entgegen. Bei der großen Schaffensfreudigkeit des Verstorbenen ging er nicht vollständig in der Berufstätigkeit auf. Er fand trotz Mitarbeit im väterlichen Landwirtschaftsbetrieb noch Zeit zu wissenschaftlicher Forschertätigkeit. Die in jener Periode entstandenen Publikationen betreffen anatomische und pflanzenphysiologische Probleme und verraten alle den inspirierend wirkenden Geist seines verehrten Lehrers SCHWENDENER.

Mit eiserner Energie verfolgte er das sich selbst gesteckte Ziel, akademischer Lehrer zu werden; kein Mißerfolg, keine Enttäuschung, an denen es ihm anfänglich nicht fehlte, konnten ihn dabei schrecken. Nachdem er sich 1901 an der Eidg. Technischen Hochschule als Privatdozent für Botanik habilitiert hatte, erhielt er im Jahre 1903 einen Lehrauftrag für Pflanzenpathologie und für Weinbau. Mit außerordentlichem Fleiß arbeitete sich der junge Dozent in den neuen Tätigkeitskreis ein; die Stunden der Nacht und des Sonntags machte er den Studien nutzbar. Viel bot er schon damals unter seinen Zuhörern jenen, die sich über Hemmungen im Vortrag hinwegsetzen konnten und hinter äußeren Unvollkommenheiten die Tiefgründigkeit seines Wissens zu erkennen vermochten. Als durch den Rücktritt seines verehrten Lehrers, Prof. NOWACKI, der Lehrstuhl für Pflanzenbau verwaist war, da konnte die Behörde keinen Würdigeren zum Nachfolger bestellen als H. C. SCHELLENBERG. Mancher wäre vor der gewaltigen Arbeitslast, die sich auftürmte, zurückgeschreckt; denn mit der Professur für allgemeinen und speziellen Pflanzenbau wurden die Fächer Pflanzenpathologie, Obstbau und Weinbau mit den dazugehörenden Übungen und Exkursionen vereinigt. Freund SCHELLENBERG griff mutig zu; das Zutrauen zu sich selbst, das er damit bekundete, hat ihn nie im Stiche gelassen und wurde zur Triebfeder seines Lebens, zur Quelle seiner schönsten Erfolge. Seine Arbeitsleistung war um so erstaunlicher, als er im Beginn seiner akademischen Tätigkeit als echter Bauernsohn in ganz eigenartiger Weise landwirtschaft-

liche Arbeit und Professorat verband; frühmorgens wurde regelmäßig praktische Tätigkeit entfaltet, aber später ebenso gewissenhaft zur festgesetzten Stunde das Katheder betreten.

Seinen Studierenden war er ein anregender Lehrer, der von ihnen gründliche Arbeit forderte und sie zu ernster Pflichterfüllung erzog. Nicht nur tüchtiges Fachwissen gab er ihnen auf den Lebensweg, er ließ ihnen auch viel aus dem Schatze seiner reichen Lebenserfahrung zukommen und sicherte sich so treue Anhänglichkeit und dauernde Wertschätzung. Was ihn dem Verstande wie dem Herzen der Studierenden so nahe brachte, das war sein gerader, wahrhafter Charakter, sein scharfer Blick für das Wirkliche und das, was unter dem Wirklichen das Wesentliche ist. Die Förderung alles dessen, was zur Vermehrung und Vertiefung der allgemeinen und der Fachbildung beitragen und den Eintritt des jungen Mannes in das spätere Wirkungsfeld erleichtern kann, wurden rasch die Ziele, auf die er unentwegt lossteuerte. So sehr er als Forscher Detailfragen in alle Einzelheiten zu verfolgen wußte, so sehr verstand er es, entgegen der Gepflogenheit mancher Gelehrten, für die Besprechung vor den Studierenden das herauszuschälen, was sie als Kern für ihre Ausbildung wissen mußten. Im Verkehr mit den Studierenden kam sein reiches Gemüt zur vollen Geltung. Nicht nur intellektuell durchschaute er seine jungen Freunde mit raschem Blick, sondern er erwarb sich auch ihr Zutrauen durch sein Hineinfühlen in ihre Bedürfnisse, in ihre Freuden und Leiden. Aber wie manchem ist er nicht nur ein verehrter Lehrer, sondern auch väterlicher Freund geworden; manchem hat er in selbstloser Hingabe den Weg in die Zukunft geebnet.

Neben dieser reichen Lehrtätigkeit behauptete die wissenschaftliche Forschung in alter Gediegenheit ihren Platz. Bewundernswert war dabei die dem Forscher in reichem Maße verliehene Gabe, an der rechten Stelle mit den zweckmäßigen Mitteln einzugreifen. Trotz seiner von Natur aus kritischen Veranlagung führten seine vorbildliche Initiative und Regsamkeit zur Publikation von zahlreichen Arbeiten auf den verschiedensten Gebieten. Das wissenschaftliche Wirken des Verstorbenen war gekennzeichnet durch scharfen, kritisch sichtenden Verstand, klare Fragenstellung und gründliche Ausschöpfung der Probleme. Er machte darin seinem ähnlich veranlagten Meister SCHWENDENER, bei dem er seine wissenschaftliche Ausbildung vollendet hatte, alle Ehre. Entsprechend den vielseitigen Verpflichtungen seiner Lehrstelle und der regen Verbindung mit der landwirtschaftlichen Praxis bewegten sich seine Arbeiten auf den verschiedensten Gebieten.

Anfänglich beschäftigten ihn die Probleme der physiologischen Pflanzenanatomie, das Studium der Leistung der verschiedenen Gewebe und des *Zusammenhangs* von Bau und *Funktion*; er studierte die Verholzung der Zellmembran, die Verbreitung des Reserve-Zellstoffs, den Bau und die Leistung der Spaltöffnungen, die Entwicklung der Blattscheiden der Schachtelhalme, den Bau des Stengels von *Aristolochia*, das Dickenwachstum des Markes beim Holunder, die Bestockung des Besenrieds und der Getreidearten. Dann warf er sich auf rein physiologisch-experimentelle Arbeiten: die Reizung der Wurzeln durch Nährstoffe und das Verhalten der Pilze gegenüber der Reservezellulose.

Seine Haupttätigkeit aber war den pilzlichen Pflanzenkrankheiten gewidmet, so dem Blasenrost der Arve, der Gipfeldürre der Fichte; einer Anzahl Hartpilz-Krankheiten der Quitte, der Mispel und der Haselnuß wurden Spezialstudien gewidmet. Seine langjährigen Erfahrungen über die Brandpilze der Schweiz stellte er 1911 in einem umfangreichen Bande zusammen, der in der Serie der schweizerischen Kryptogamenkommission erschienen ist. Noch Frühjahr 1923 hat er in einem Vortragszyklus für Förster die Rolle der Pilze beim Reinigen der Bäume, durch Absterben der Äste, mit wichtigen neuen Ergebnissen behandelt, nachdem er über das Thema holzzersetzende Pilze schon früher in der Zürcher Naturforschenden Gesellschaft vorgetragen hatte. Umfangreiche Studien über die Löcherpilze auf Nutzhölzern und ihre Bedeutung für die Holzzersetzung sind leider nicht mehr zum Abschluß gelangt. Seine Vorlesung über Getreidebau gab Anlaß zu Studien über Graubündens Getreidevarietäten, über Maschinendrusch und Handdrusch, über die prähistorischen Getreidearten von Hanau und aus den Pfahlbauten. In die moderne experimentelle Vererbungslehre wußte er sich rasch einzuleben; er las darüber ein gut orientierendes Kolleg und publizierte folgende Aufsätze: Ziele und Aufgaben der Pflanzenzüchtung, über Saatgutverbesserung, über die Ergebnisse der experimentellen Vererbungslehre und ihre Anwendung auf die Landwirtschaft, über Vererbungserscheinungen beim Mais, sowie über den *biologischen* Abbau der Sorten bei rein vegetativer Vermehrung.

In kleineren Arbeiten stellte er seine Kräfte der praktischen Landwirtschaft zur Verfügung. So verfaßte er die landwirtschaftlichen Verhältnistabellen für einen landwirtschaftlichen Kalender und gemeinsam mit BÜRKI und NÄF eine Düngerlehre für landwirtschaftliche Mittelschulen. Eine Reihe von Spezialschülern führte unter seiner Leitung wertvolle Promotionsarbeiten durch, so

Dr. PARAVICINI über die Kernteilung bei den Brandpilzen und Dr. WAHLEN über die Reservestoffe der Leguminosen. Dr. WILLE bearbeitete die Verdauung von Hemizellulose durch Rind und Schwein.

Und nun der prächtige Mensch. Großen Anteil an der Ausbildung seines harmonischen Innern hatte der glückliche Lebensbund, den Dr. SCHELLENBERG 1908 mit ALICE ROSA BÄR schließen durfte. Sein schönes Heim an der Hofstraße brachte ihm ein reiches häusliches Glück. Seine treue Lebensgefährtin nahm an allem, was den Gatten bewegte, innigen Anteil und brachte seinen wissenschaftlichen Bestrebungen großes Interesse entgegen. Wer ihn im Kreise der Seinen beobachten konnte, der wußte, wo seine reiche Herzensgüte und stete Hilfsbereitschaft verankert waren. Wer mit ihm zusammenkam, der weiß vom persönlichen Wohlwollen zu erzählen, das er jedem einzelnen entgegenbrachte. Dieser Mann voll Besonnenheit und Tatkraft besaß ein reiches Gemüt, das dem intimeren Zusammensein mit ihm einen besondern Wert gab. Er war ein unterhaltender und geistreicher Gesellschafter da, wo nicht Arbeit, sondern Gemütlichkeit ihn mit anderen zusammenführte. Wie unterhaltend und anregend erzählte er in kleinem Kreise von seinen ihm zum Bedürfnis gewordenen Reisen, kreuz und quer durchs Schweizerland, und von den Studienreisen mit Prof. RIKLI nach Sizilien, Kreta, Griechenland, Korsika, Spanien und Portugal. Immer schilderte er auch die ihn besonders interessierenden landwirtschaftlichen Verhältnisse jener Gegenden und Länder in lebhaften Farben. Unter den Kollegen erfreute er sich zufolge seines vielseitigen Wissens, seiner hohen Intelligenz und seines unabhängigen vornehmen Charakters allgemeiner Wertschätzung und Anerkennung. Es war eine Freude mit ihm zu verkehren, und zufolge seiner persönlichen Eigenschaften schätzten ihn alle als einen lieben Kollegen; manchem wurde er ein treuer Freund.

Mitten aus seiner geliebten Arbeit heraus, im Vollgefühl seiner Kräfte, von reicher und gesegneter Wirksamkeit hinweg, ist er dahingegangen. Es gibt Menschen, für welche das Ausruhenmüssen Tod bedeutet; Freund SCHELLENBERG gehörte zu ihnen. Darum darf man es bei aller Trauer als eine gütige Fügung der Vorsehung betrachten, daß ihm der Schmerz des allmählichen Abrüstens erspart geblieben ist. Während der letzten Stunden seiner Krankheit, deren Schmerzen er heldenhaft ertrug, kehrten seine Gedanken fortwährend zu seiner Arbeit zurück, zu seiner Pflicht, zu seiner Lebensaufgabe. Auch das mag ein Geschenk

des Himmels sein, daß er die Auflösung nicht hat kommen sehen, wenn er sie auch vielleicht, klar blickend, ahnte. Nicht daß er den Tod gefürchtet hätte, davor bewahrte ihn die Harmonie seines Innern und die Festigung, die er aus seiner religiösen Überzeugung schöpfte.

Schriftenverzeichnis.

Der Ackerbau der Pfahlbautenbewohner. FÜHLINGs landw. Zeitung. 1893; Leipzig. Bericht d. Akad.-Landw. Vereins Agraria zu Berlin pag. 5—11.

Zur Entwicklungsgeschichte der Equisetenscheiden. Berlin, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. XIII. 1895. pag. 165—174 u. 1 Taf.

Beiträge zur Kenntnis der verholzten Zellmembran. Diss. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXIX. 1896, Heft 2, pag. 237—266.

Beiträge zur Kenntnis von Bau und Funktion der Spaltöffnungen. Leipzig. Bot. Zeitung I. Abtlg. Bd. 54. 1896, Heft 10, pag. 169—184 u. 1 Taf.

Über eine neue Desmidiaceengattung. Bern, Bericht der Schweiz. Bot. Ges. Bd. VII. 1896, pag. 9—10.

Über die Bestockungsverhältnisse von *Molinia coerulea* Mönch. Bern, Ber d. Schweiz. Bot. Ges. Bd. VIII. 1897, Heft 7, pag. 69—82 m. 3 Fig. (14 S.)

Zur Entwicklungsgeschichte des Stammes von *Aristolochia sipho* L'Hérit. Berlin 1899. Festschrift f. SCHWENDENER pag. 301 320 u. 1 Taf.

Über die Sklerotienkrankheit der Quitte. (*Sclerotinia Cydoniae* Schellenberg. *Berlin, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. XVII: 1899, Heft 6, pag 205—215* u. 1 Taf. Gekürzt im Ber. üb. d. landw. Schule Strickhof 1899/1900, pag. 8 - 22.

Maschinendrusch und Handdrusch in ihrer Beziehung zur Qualität des Saatgutes bei unseren Getreidearten. Bern, Land. Jahrb. d. Schweiz. Bd. XIII. 1899, pag. 152—168.

Einiges über Saatgutverbesserung beim Getreide. Frauenfeld, Schweiz. landw. Centralbl. 19. Jahrgang. 1900, pag. 164—173.

Graubündens Getreidevarietäten mit besonderer Rücksicht auf ihre horizontale Verbreitung. Bern, Bericht der Schweiz. Bot. Ges. Bd. XI. 1900, pag. 45—71.

Bestrebungen in der Runkelrübenverbesserung. Frauenfeld, Schweiz. landw. Centralbl. 20. Jahrgang 1901, pag. 21—24.

Die beste Zeit der Streueernte. Ebenda pag. 33—39.

Die Nematoden der Kulturpflanzen. Ebenda pag. 57—58.

Die Ursache der Lagerung des Getreides. Ebenda pag. 179—182.

Der Wert des Samenwechsels. Ebenda pag. 182—184.

Landwirtschaftliche Verhältnistafeln. Im Auftrage d. Ges. Schweiz. Landwirte herausg. Frauenfeld, 1901; 1902; 1903. 1903 auch als Beilage im Schweiz. landw. Centralbl.

Ziele und Aufgaben der Pflanzenzüchtung. Frauenfeld, Schweiz. landw. Centralblatt Jahrg. 21, 1902, pag. 33—40; 74—81.

Untersuchungen über die Lage der Bestockungsknoten beim Getreide. Forschungen auf dem Gebiete der Landwirtschaft, Festschrift f. KRAEMER. Frauenfeld 1902, pag. 251—282 u. 7 Fig.

Die Nadelschütte der Arve. Stuttgart, Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstw. 1. Bd. 1903, pag. 306—309.

Die Ernährung der Pflanzen. I. Teil der Düngerlehre für den Unterricht an landw. Schulen. 1903, pag. 1—18; 1923, 8. Auflage.

Der Blasenrost der Arve. Stuttgart, Naturw. Zeitschrift f. Land- u. Forstw. Bd. 2. 1904, Heft 6, pag. 233–241 u. 2 Fig.

Über das Vorkommen von *Hypodermella Laricis* v. Tubeuf. Stuttg., l. c. Heft 9, pag. 369–371

Über neue Sklerotinien. (Vorläuf. Mittlg.) Centralbl. f. Bakt. Parasitk. u. Infektskr. II. Abtlg. XII. Bd. 1904, Nr. 22/24, pag. 735–736.

Über Hemizellulose als Reservestoff bei unseren Waldbäumen. Berlin, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. XXII. 1905. Heft 1, pag. 36–45.

Über einige neue Sklerotinien. Arch. Sci. Phys. Genève (Sér. 4), 18, 1904, pag. 361–362 Verhandlg. Schweiz. Naturf. Ges., 1905, Winterthur.

Die Reservezellulose der Plantagineen. Berlin, Ber. der Deutsch. Bot. Ges. 1904. Bd. XXII, Heft 1, pag. 9–17 u. 1 Taf.

Zur Schüttekrankheit der Arve. Bern, Schweiz. Zeitschrift für Forstw. 55, 1904, pag. 44

Ein Besuch im Val Scarl. J. COAZ u. C. SCHRÖTER. Bern, 1905. Anhang: Die wichtigsten Pilzfunde aus dem Ofengebiet im Scarltal.

Über Reservestoffe bei unseren Waldbäumen. Berlin, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1905. Bd. XXIII, Heft 1, pag. 36–45.

Über die Auflösung der Cellulose durch Pilze. Verhandlung Schweiz. Naturf. Gesellschaft Luzern 1905, pag. 48–49.

Das Absterben der sibirischen Tanne auf dem Adlisberg. Ein Beitrag zur Exotenfrage. Mitt. schweiz. Centr.-Anst. f. forstl. Versuchw. 8 Bd., 1905, pag. 269–287.

Untersuchungen über den Einfluß der Salze auf die Wachstumsrichtung der Wurzeln, zunächst an der Erbsenwurzel. Jena, Flora, 1906, 96. Bd., 2 Heft, pag. 474–500 und 2 Fig.

Über *Sclerotinia Coryli*. Berlin, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1906, Bd. XXIV, Heft 9, pag. 505–511 u. 1 Taf.

Über *Sclerotinia Mespili* und *Sclerotinia Ariae*. Centralblatt f. Bakt. II. Abtlg. 1906, Bd. XVII, Nr. 5/7, pag. 188–202 u. 4 Taf.

Die Ergebnisse der experimentellen Vererbungslehre und ihre Anwendung in der Landwirtschaft. Bern, Mitteilg. d. Ges. schweiz. Landw. 1906, Nr. 2. pag. 3–18.

Der Abbau der Sorten und seine Bedeutung für die Landwirtschaft. Bern, Mitteilg. d. Ges. Schweiz. Landw. 1907, Nr. 6, pag. 1–20.

Über das primäre Dickenwachstum des Markes von *Sambucus nigra* L. Berlin, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1907, Bd XXV, Heft 1, pag. 8–16.

Die Gipfeldürre der Fichten. Schweiz. Zeitschrift f. Forstw. 1907, pag. 54–58, 89–93 u. 1 Fig

Die Vertreter der Gattung *Sphacelotheca* de Bary auf den *Polygonum*-Arten. Berlin, Annales Mycologici, Vol. 5, 1907, Nr. 5, pag. 385–395 u. 1 Taf.

Versuche über die Bekämpfung der *Peronospora*. Bern, Landw. Jahrb. d. Schweiz 1907, pag. 226–229.

Wheat and Barley from the North Kurgan, Anau. Washington, Publication Nr. 73 II of the Carnegie Instit. 1908, Chapt. XXIII, pages 469–473.

Untersuchungen über das Verhalten einiger Pilze gegen Hemizellulosen. Jena, Flora 1908, Bd. 98, Heft 3, pag. 257–308.

Zea mays L., bearbeitet von H. C. SCHELLENBERG und O. KIRCHNER in: Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas von O. KIRCHNER, E. LOEW und C. SCHRÖTER. Lief. 8, Bd. 1, 1908, pag. 213–256.

Der Elektromotor im Dienste der Landwirtschaft mit besonderer Berücksichtigung der mittel- und kleinbäuerlichen Verhältnisse. Bern, Mittlg. d. Ges. Schweiz. Landw. 1910, Nr. 2, pag. 1—23.

Versuche über die Bekämpfung der *Peronospora*. Bern, Ldw. Jahrb. d. Schweiz., Bd. 24, 1910, pag. 326—328.

Zur Behandlung der vom Grind (Mauch, Rände) befallenen Reben. Bern, ebenda pag. 329—330.

Versuche über die Rebenveredlung. Bern, ebenda pag. 330—334.

Resultate von Versuchspflanzen mit auf amerikanischen Unterlagen veredelten Reben der Untersuchungsanstalt in Wädenswil. Ebenda Bd. 25, 1911, pag. 277—288.

Die Brandpilze der Schweiz. Bern, Beitrag zur Kryptog.-Flora der Schweiz. 3. 1911 (XLV + 180 S.).

Über die Speicherung von Reservestoffen in Pilzgallen. Verh. d. Schweiz. Naturf. Ges. Bd. 94, 1911, pag. 277—279.

Über die Befruchtungsverhältnisse einiger Kirschensorten. l. c. Bd. 95, 1912 Ref. 225—226.

Über die Schädigung der Weinrebe durch *Valsa vitis* (Schweinitz) Fuckel. Berlin, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 30 1912 Heft 9, pag. 586—594 u. 1 Tafel.

Landwirtschaftl. Reiseerinnerungen aus Österreich-Ungarn. Bern, Mittlg. d. Ges. Schweiz. Landw. Nr. 1, 1914, pag. 1—19.

Der Veilchenstein (*Trentepholia Jolithus*) im Tessin. 1914, N. Z. Z. Nr. 40.

Zur Kenntnis der Winterrube in den Zweigen einiger Hexenbesen. Berlin, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 35, 1915, Heft 2, pag. 118—126.

Kulturbilder aus Kreta und Sizilien. Rathausvortrag. Zürich. Bauer, 1915.

Über die Entwicklungsverhältnisse von *Mycosphaerella Fragariae* (Tul.) Lindau Vierteljahrschrift der Naturf. Ges. Zürich, Bd. 62 1917, pag. 383—393, mit 2 Taf.

Der zweckmäßige Zeitpunkt der Ernte der Gräser zum Zwecke der Grünfütterung. Verhandlg. d. Schweiz. Naturf. Ges., Bd. 99, 1917 (2 S.).

Die Bekämpfung der Krankheiten und Schädlinge unserer Obstbäume im Winter und Sommer. 2 Vorträge. Zürich 1919 (32 S.).

Die Vorgänge bei der Befruchtung in Beziehung zur Erblichkeitsforschung. Vorträge aus dem Gebiete der Tierzucht. Frauenfeld 1920, pag. 1—24, mit 6 Fig.

Bericht der Kommission für Schädlingsbekämpfung. Bern, Mittlg. d. Ges. Schweiz. Landw. 1920, Nr. 2, pag. 44—46.

Ansprache bei der Eröffnung des Studienjahres 1921/22 an der E. T. H. N. Z. Z. Nr. 1525, 1560 u. 1595.

Neuere Anschauungen der Düngerlehre und ihre Bedeutung für die schweiz. Landwirtschaft. Mittlg. d. Ges. Schweiz. Landw. 1922, Nr. 6 (22 S.).

Die Erkrankung der Himbeersträucher durch *Didymella applanata* (Diesl.) Sacc. Bern, Ber. d. Naturf. Ges. 1922, II. Teil, pag. 241—242.

Die Empfänglichkeit der *Ribes*arten für den Rost der Weymouthkiefer. Schweiz. Zeitschrift f. Forstw., Bd. 74, 1923, pag. 25—30.

Die Bedeutung der Pilze für die Astreinigung. Vortrag, gehalten am Forstl. Vortragscyclus in Zürich 5.—10. Mai 1923. (Nicht gedruckt.)

N. Wille.

Von
H. W. WOLLENWEBER.
(Mit Bildnistafel.)

JOHAN NORDAL FISCHER WILLE starb an einem langjährigen, mit zunehmendem Alter verschlimmerten, aber standhaft ertragenen Leiden am 4. Februar 1924 im 66. Lebensjahre in seinem Heim in Töien, Kristiania. Mit ihm hat Norwegen einen der besten Männer verloren, eine Autorität von Weltruf in der Algologie, einen vielseitigen Botaniker, eine als Dozent und im weiteren öffentlichen Leben in seiner Heimat stark hervortretende Persönlichkeit von mannigfaltigen sozialen und politischen Interessen. Wir verlieren in ihm einen begeisterten Anhänger und Förderer deutscher Wissenschaft. Manche seiner wertvollsten Arbeiten sind deutsch geschrieben oder auch in deutscher Übersetzung erschienen Sie bewegen sich methodisch in der von SACHS, PFEFFER, NÄGELI, SCHWENDENER u. a. vertretenen neuen Forschungsrichtung, der er in Norwegen Eingang verschafft hat.

WILLE wurde am 28. Oktober 1858 in Hoböl in Smaalenene als Sohn eines Arztes geboren. Seine Anlage für Botanik, worin ihm sein Vater die erste Anleitung gab, machte sich frühzeitig bemerkbar. Schon mit 10 Jahren kannte er die Pflanzen seiner Umgebung. Mit $13^1/_2$ Jahren kam er nach Kristiania zur weiteren Schulausbildung. Auch hier durchstreifte er in Freistunden die Umgegend der Stadt nach Pflanzen und Fossilien, nahm sogar an Professor BLYTTs Exkursionen mit Studenten teil. Wegen seiner kränklichen Veranlagung zu Asthma und chronischem Luftröhrenkatarrh war sein Schulbesuch lückenhaft; um so mehr lernte er zu Hause, wo er unter anderem schon DARWIN las. Von den Mitschülern wurde der schwächliche Knabe oft verspottet und mißhandelt, und diese Kränkungen konnte er bei seinem stark entwickelten Ehrgefühl nie ganz verschmerzen.

Der kaum siebzehnjährige Abiturient begann im Jahre 1875 sein Studium, insbesondere der Botanik und Geologie, zunächst mit der Absicht Lehrer zu werden. Bald entschied er sich ganz für Botanik. Als er für die Dauer einer Auslandsreise Professor BLYTTs im Herbst 1877 als Vikar am Botanischen Museum Anstellung fand, vertiefte er sich in das Studium der damals noch

wenig beachteten Süßwasseralgen, die er auch auf seinen Reisen fleißig sammelte. Im Sommer 1878 erhielt er ein öffentliches Stipendium, um Süßwasseralgen im südöstlichen Norwegen zu studieren, schaffte sich ein Mikroskop an und wurde von G. O. SARS im Gebrauch des Zeichenprismas unterwiesen. Tiefer in das Algenstudium führte ihn dann erst WITTROCK ein, den er in Upsala im gleichen Jahre aufsuchte, und dessen erster Praktikant er war.

In Upsala gab es damals noch kein botanisches Laboratorium. WITTROCK arbeitete an einem großen Tisch in seinem Schlafzimmer; dort hatte auch WILLE seinen Arbeitsplatz, wo er von morgens 9 bis 2 Uhr und nachmittags von 4 bis abends tätig war und soviel als möglich lebendes Algenmaterial untersuchte. Er entdeckte hier die Gametenkopulation bei *Trentepohlia umbrina* (Kg.) Born., die reichlich an Bäumen der Umgebung vorkam, und so entstand seine erste algologische Arbeit. Später wurde ihm die Bearbeitung der von KJELLMAN auf der NORDENSKIÖLDschen Forschungsreise in Novaja Semlja gesammelten Süßwasseralgen übertragen. WITTROCK förderte ihn in jeder Weise und nahm ihn sogar zur besseren Pflege ins Haus, als er an Lungenkatarrh erkrankte. WILLE maß seinem Aufenthalt in Upsala bei WITTROCK die größte Bedeutung für seine weitere Laufbahn bei. Die tief empfundenen Gedenkworte, die er später für seinen heimgegangenen Lehrer fand, sind ein Ausdruck seiner Hochschätzung von Eigenschaften, die wir auch bei ihm selbst wiederfinden können.

Von Februar 1880 ab war er an der Universitätsbibliothek tätig und reiste dann nach Stockholm, um Pflanzenanatomie zu treiben. In dieser Zeit erhielt er jeden Sommer Stipendien zu Untersuchungsreisen und fuhr auch einmal in Begleitung von WITTROCK auf einer derselben an der Küste entlang nach Fredriksvaern, um Meeresalgen zu sammeln. Mit öffentlichen Mitteln reiste er im Herbst 1881 ins Ausland auf ein Jahr, arbeitete pflanzenanatomisch und embryologisch bei WARMING in Kopenhagen und später physiologisch-anatomisch bei SCHWENDENER in Berlin.

Als seine Bemühungen um eine Anstellung in der Heimat damals fehlschlugen, wandte er sich 1883 nach Stockholm, wo er bei WITTROCK am Reichsmuseum als „Regnelliansk amanuens" für drei Jahre Anstellung fand. Von 1884 ab war er zugleich Professor WARMINGs Assistent an der Hochschule in Stockholm, leitete dessen pflanzenanatomische Übungen für Anfänger und hielt elementare Vorlesungen. Im Laufe dieser Jahre war er mehrere Male in Berlin zu weiterer Ausbildung. Mit einem Stipendium der Wissenschaftsakademie hielt er sich im Sommer 1884 und 1885 an

der schwedischen biologischen Station Kristineberg in Bohuslän auf, wo er die mechanischen Verhältnisse bei Meeresalgen erforschte und dabei die SCHWENDENERschen Methoden und Grundlagen anwandte. Unter größeren Abhandlungen aus diesen Forschungen findet sich seine Doktorarbeit „Bidrag til Algernes Physiologiske Anatomi“, die er 1885 in Kristiania einreichte. Sein in demselben Jahre gemachter Vorschlag der Gründung einer biologischen Station in Norwegen sollte indes erst 6 Jahre später zur Durchführung kommen, und zwar in Dröbak, welche Station er dann auch mehrere Jahre geleitet hat.

Als WARMING 1886 Stockholm verließ, erhielt WILLE die Professur für Botanik an der Stockholmer Hochschule und hatte diese Stellung inne, bis er Ende 1889 als Lehrer der Botanik an die Höhere Landwirtschaftliche Schule nach Aas in Norwegen berufen wurde.

Im Sommer 1891 unternahm er aus öffentlichen Mitteln eine Reise nach Schweden, Dänemark, Deutschland, der Schweiz und Österreich, um pflanzenphysiologische Laboratorien und landwirtschaftsbotanische Versuchsstationen kennenzulernen und die gewonnenen Erfahrungen bei der Erweiterung seines Arbeitsplanes und zur Errichtung ähnlicher Stationen in Norwegen zu verwerten.

Nach dem Tode SCHÜBELERs im Herbst 1892 wurde WILLE bald zu dessen Nachfolger als Professor an der Universität in Kristiania und Leiter des Botanischen Gartens ernannt, welche Stellung er bis zu seinem Tode bekleidete.

Bereits mit 35 Jahren war WILLE einer der hervorragenden Algenspezialisten, dessen 1890/91 in ENGLER und PRANTLs „Natürlichen Pflanzenfamilien“ bearbeitetes klassisches Sammelwerk über Chlorophyceen von grundlegender Bedeutung geworden ist. In dem damals herrschenden Durcheinander bei den ungefähr 4000 Arten dieser Grünalgen schaffte er Ordnung durch Gruppierung derselben möglichst nach phylogenetischen Gesichtspunkten. Aus seinen musterhaften Zeichnungen spricht eine scharfe Beobachtungsgabe, und der Wert, den er diesem Rüstzeug zollt, erhellt aus seiner Forderung an die Studenten, mit dem Auge und nicht mit dem Ohr die naturwissenschaftlichen Kenntnisse sich anzueignen, die der Verstand ordnen und fruchtbringend machen solle. Eine Zeichnung solle so genau sein, daß die Nachwelt noch Entdeckungen an ihr machen könne. WILLE besaß eine umfangreiche Sammlung von Abbildungen von Algen aus eigenen und fremden Arbeiten, die ihm in der neuen Gruppierung stets eine schnelle Übersicht ermöglichten. Des jetzt immer mehr benutzten Hilfs-

mittels, durch Reinkulturen den Entwicklungsgang der Algen aufzuklären, hat er sich kaum bedient. Seine glänzende Kombinationsgabe verbunden mit scharfer Beobachtung der Einzelorgane leiteten ihn ebenso sicher, denn er hielt auf Tatsachen und war gegen geistreiche Vermutungen. Er beharrte fest auf seinem System, das den Hauptwert auf den Bau des vegetativen Thallus und die Vermehrungs- und Fortpflanzungsart legte, während man um die Jahrhundertwende mehr und mehr den Schwärmzellen als embryonalen Stufen und ihrem zytologischen Bau entwicklungsgeschichtliche Bedeutung beimaß. Dieser neuen Richtung vermochte WILLE nicht zu folgen, so daß in dieser Hinsicht sein 1909/10 erschienener Anhang zu den Chlorophyceen in „ENGLER und PRANTL" von vielen für etwas veraltet angesehen wird. Obgleich daher sein System später in einzelnen Punkten abgeändert werden mag, ändert dies nichts an der grundlegenden Bedeutung seiner Arbeiten, die ihm 1918 auch die FRIDTJOF NANSEN-Auszeichnung für hervorragende Arbeiten über Algen eintrugen. An dieser Stelle sei erwähnt, daß der Verstorbene Ehrenmitglied vieler wissenschaftlichen Gesellschaften gewesen ist in Skandinavien, Deutschland, Österreich, England, Frankreich, Holland, Finnland und den Vereinigten Staaten, u. a. seit 1907 auch korrespondierendes Mitglied unserer Deutschen Botanischen Gesellschaft, in deren Berichten sich 9 seiner Schriften finden.

Alle diese Länder hat er bereist. Sein Forschungstrieb führte ihn ferner auch 1897 nach Rußland. Durch Kaukasien gelangte er bis zum Kaspischen Meere, wo er Algen sammelte, und weiter bis Askabad in Turkestan. Er trieb 1903 algologische Studien in Rovigno, Istrien, besuchte auch Korfu sowie später in demselben Jahre Holland. Als Norwegens Vertreter nahm er 1905 am botanischen Kongreß in Wien teil, 1908 war er wieder in Berlin, 1909 studierte er an der biologischen Station in Tatihou in Frankreich, 1911 in Lund und später wiederum in Kopenhagen und Berlin. 1914 nahm er eine Einladung zum 25jährigen Jubiläum des Botanischen Gartens von St. Louis, Missouri, an, hielt dort einen Vortrag über die Einwanderung der norwegischen Flora, den er in Minneapolis wiederholte, war ferner bei der 150jährigen Jubelfeier der „Brown University" zugegen und gelangte im Winter 1914/15 als „research associate" des New Yorker Botanischen Gartens bis in die Tropen nach Porto-Rico, von wo er eine der wertvollsten Süßwasseralgen-Sammlungen zurückbrachte, die er leider nicht mehr selbst bearbeiten sollte. In den letzten Jahren trieb ihn mehr die Sorge um seine Gesundheit auf Reisen. So

oft er konnte, flüchtete er aus dem seiner Lunge schädlichen Qualm der Stadt hinaus aufs Land und in die Berge, oft z. B. nach Mesnalien bei Lillehammer, oder nach dem wärmeren Süden, 1921 nach Karlsbad in Böhmen, vom September 1922 bis Mai 1923 nach Meran in Italien. Genesung wurde ihm nicht zuteil, Erholung, die ihm nur eine Arbeit in anderer Form war, gönnte er sich nicht, und so kann man von ihm sagen, er wurde ein Opfer der Arbeit, in der er so Bewunderswertes geleistet hat.

Durch seine Reisen trat er in persönliche Beziehungen mit zahlreichen Fachgenossen, mit denen er auch ständig in Schriftwechsel blieb. Viele von ihm verfaßte Nekrologe legen von seinen engen Beziehungen Zeugnis ab. Er besaß eine der größten und wertvollsten algologischen Büchereien mit den seltensten Spezialschriften aus allen Ländern. Vor einigen Jahren verkaufte er seine Bibliothek an das Museum in Bergen und errichtete für den Erlös ein Legat zur Belohnung für die beste alljährlich in Norwegen herauskommende botanische Arbeit. Dadurch wollte er tüchtige Botaniker auch in Zukunft unterstützen, denn er wußte, mit welchen Ausgaben größere Arbeiten verbunden zu sein pflegen.

WILLE war nicht nur Wissenschaftler, sondern auch ein vorzüglicher Organisator. Er gründete das botanische Laboratorium an der Universität Kristiania, das er leitete, bis es 1905 in die Hände des jetzigen Vorstandes für Pflanzen-Anatomie und -Physiologie, Prof. H. H. GRAN, überging. 1905/06 war er Dekan der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät und vertrat als Vorstand des akademischen Kollegiums die Universität Kristiania bei der Krönung in Drontheim 1906, bei welchem Anlaß ihm die silberne Krönungsmedaille zuteil wurde. Den botanischen Garten teilte er mit Unterstützung seines tüchtigen Obergärtners TH. SCHULZ neu ein, um die Pflanzenbestände nach natürlichen Gesichtspunkten anzuordnen. Dieselbe Anordnung legte er auch bei der Umgruppierung des Herbariums im Museum zugrunde. Wo es nötig war, zog er für diese Arbeit Spezialisten hinzu, besonders bei Kryptogamen. So hat sich u. a die Flechtensammlung des Museums zu einer der gediegensten, die wir kennen, entwickeln lassen, im wesentlichen als Werk seines langjährigen Mitarbeiters DR. BERNT LYNGE. Wegen der Ausdehnung der Sammlung setzte er die Aufführung eines besonderen Gebäudes für das botanische Museum durch.

Ferner war er ein großer Anhänger der Naturschutzbestrebungen, denen er in Norwegen zur Anerkennung verhalf. Diese Tätigkeit führte ihn oft zusammen mit seinem Berliner Freunde

Prof. CONWENTZ, dem Begründer und Förderer des Naturschutzes in Deutschland. 1912 vertrat er sein Land beim Kongreß für Heimatschutz in Stuttgart, im folgenden Jahre bei der internationalen Kommission für Weltnaturschutz in Bern und bei einer ähnlichen Zusammenkunft im Jahre 1914. Mit Eifer hob er überall die Tatsache hervor, ein Stück Natur der Nachwelt zu erhalten, sei ebenso wertvoll wie die Überlieferung von Kunst. Als begeisterter Naturfreund, dessen schwankende eigene Gesundheit am besten im Freien wieder ins Gleichgewicht kam, wirkte er auch für die Volksgesundheit durch Einrichtung von Tummelplätzen für die Jugend im botanischen Garten, sorgte auch in der Stadt für gesundere Arbeits- und Unterrichtsräume. Durch aufklärende Artikel in der Tagespresse und durch Einrichtung von Fortbildungskursen für Lehrer strebte er emsig danach, die Fortschritte der Botanik zu verbreiten und jedem zugute kommen zu lassen. Selbst war er ein eifriger Vortragsredner, der zuweilen 30 und mehr Vorträge nacheinander in verschiedenen Gegenden Norwegens hielt.

Unter seinen zahlreichen wissenschaftlichen Schriften die wichtigsten hervorzuheben, ist schwer. In der norwegischen Zeitschrift „Nyt Magazin for Naturvidenskaberne“ finden sich u. a. 29 „Algologische Notizen“ aus seiner Feder. Eine derselben enthält eine Monographie der Gattung *Chlamydomonas*, zu der er mit Recht auch die rote Schneealge (früher *Haematococcus* bzw. *Sphaerella nivalis*) zieht wegen des Fehlens von Pseudopodien und der Lage der kontraktilen Vakuolen am Vorderende der Schwärmzelle. WILLE beschrieb eine neue Algengattung, *Wittrockiella*, studierte den anatomischen Bau von *Himanthalia lorea* und die Wanderung der anorganischen Nährstoffe bei Laminariaceen, bearbeitete die blaugrünen Algen von HENSENs Planktonexpedition u. a. m. Er lieferte auch Beiträge auf anderen Gebieten, unter denen seine Studien über die Entwicklungsgeschichte der Pollenkörner der Angiospermen und das Wachstum der Membranen durch Intussusception (1886) eine der bedeutendsten sein dürfte.

Ferner schrieb er über Anpassungsfähigkeit bzw. Verkürzung der Vegetationszeit von Pflanzen unter dem Einfluß des Klimas nördlicher Breiten und weist SCHÜBELER gegenüber und in seiner Polemik gegen SEMON auf neuzeitlichere Untersuchungen von E. BAUR, NILSSON-EHLE, H. GRAN u. a. hin. Aus der Tatsache, daß in sogen. Wunderjahren Maiskolben in Kristiania reifen, folge noch nicht, daß Mais für Norwegen rentabel werden könne, selbst

wenn im hohen Norden die kürzere Vegetationszeit durch verlängerte Tagesdauer nahezu ausgeglichen werde und, wie schon LINNÉ angeführt habe, z. B. Roggen in Lappland bereits 58 Tage nach Aussaat (31. V. — 28. VII.) geerntet werden könne.

Sein Sinn für angewandte Wissenschaft zeigte sich in der Förderung der Phytopathologie und Entomologie, und insbesondere setzte er sich auch für die Erforschung der Unkräuter als Grundlage ihrer Abwehr ein, einem Arbeitsgebiete, das von Professor E. KORSMO vertreten wird, dem wir die vorzüglichen Tafeln der Unkräuter verdanken. In der Erkenntnis, daß bildliche Darstellung der Forschungsergebnisse für den Unterricht von weittragender Bedeutung ist, sorgte er für Einführung von Dr. HENCKELs Wandtafeln in den Schulen. Gleichzeitig gab er in der Tagespresse mit Erfolg Anregungen zum Ausbau des Naturunterrichts. Er glaubte, daß man der Seele des Kindes Flügel geben könne, wenn man ihr die Schönheiten der Natur frühzeitig nahe brächte, während beim Übergewicht des reinen Lernstoffes diese Entwicklung gehemmt würde.

Er schrieb ferner Zeitungsartikel über Moral und Volksaufklärung wie über eine Menge anderer Dinge, auch über der Botanik anscheinend ganz Fernliegendes wie den Einfluß der Sonnenflecken auf die Kriegslust der Völker.

WILLEs Name wird in der Botanik stets mit Ehren genannt werden. Nach ihm ist auch eine Algengattung, *Willea* benannt, und viele Algenarten, die er aufstellte, verknüpfen ihn dauernd mit diesem Forschungszweige. Bis zuletzt hat er der Wissenschaft gedient, trotzdem ihn seine Krankheit zwang, sich immer mehr zu schonen. Sein Familienleben wurde durch schwere Schicksalsschläge gestört. Im Jahre 1908 starb seine erste Frau nach längerem Leiden. Einige Jahre später verlor er plötzlich seinen einzigen Sohn im Alter von 18 Jahren. Einsamkeit und Seelenschmerz zehrten seit dieser Zeit an seiner Lebenskraft. Er verheiratete sich wieder. Nach 6jähriger Ehe verlor er auch seine zweite Frau. Im Jahre 1918 ging er zum dritten Male eine Ehe ein, und die kleine Tochter, die er 1920 bekam, trug wesentlich dazu bei, die Schwermut zu mildern, die die letzten Jahre seiner langwierigen Krankheit verdüsterte. In den letzten Lebenstagen las er noch die Korrektur zu „Süßwasseralgen von der deutschen Südpolar-Expedition auf dem Schiff „Gauss“, seiner letzten Arbeit, deren vollständigen Druck er nicht mehr erleben sollte. Er starb still und ruhig. In seiner Abneigung gegen Prunk wünschte er nicht Blumen und Kranzspenden, sondern hatte

darum gebeten, anstatt dessen der Arbeitsräume für Kinder in Kristiania zu gedenken. Er hat gelebt, gewirkt und gelitten und in vollem Maße erfahren, was es heißt ein Mensch zu sein. Er war fleißig, ausdauernd und pflichtgetreu, schlicht und aufrichtig, zielbewußt, tatkräftig und hilfsbereit. Mit diesen Eigenschaften hat er sich ein Denkmal gesetzt in uns allen, nicht zuletzt im Herzen derer, die aus seiner Schule hervorgingen, die bei ihm arbeiteten, und denen er Lehren fürs Leben mitgegeben hat.

Schriften von N. Wille[1]).

1878. Om Svaermcellerne og deres Copulation hos *Trentepohlia* Mart. Med. 1 planche. Botaniska Notiser (Lund), S. 165–176.

1879. Botanisk Reise paa Hardangervidden 1877. Nyt Magazin for Naturvidenskaberne (Kristiania), Bd. 25, S. 49–61.

Ferskvandsalger fra Novaja Semlja, samlede af Dr. F. KJELLMAN paa NORDENSKIÖLDs Exped. 1875. Oefversigt af Kgl. svenska Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar (Stockholm) No. 5, S. 13–74, Taf. XII–XIV.

1880. Om en ny endofytisk Alge. Videnskabsselskabets Forhandlinger (Kristiania) No. 4, S. 1–4, 1 planche.

Algologiske Bidrag I–III; ibidem No. 5, S. 1–25, 1 planche.

Bidrag til Kundskaben om Norges Ferskvandsalger I. Smaalenenes Chlorophyllophyceer; *ibidem* No. *11*, *S.* 1–72, 2 plancher.

1881. Om Hvileceller hos Conferva (L.) WILLE. Oefvers. af Kgl. svenska Vetensk.-Akad. Förhandl. Nr. 8, S. 3–25, Taf. IX, X.

1882. Om Pollenkornenes Udvikling hos Juncaceer og Cyperaceer. Videnskabsselsk. Forhandl. (Kristiania) No. 16, S. 1–4.

Om *Chrysopyxis bipes* Stein og *Dinobryon sertularia* Ehrb. Oefvers. af Kgl. svenska Vetensk.-Akad. Förhandl. Nr. 6, S. 9–22. Taf. VIII.

Om Stammens og Bladets Bygning hos *Avicennia nitida* L. Botanisk Tidsskrift (Kjöbenhavn) h. 13, s. 33–44, tavle IV, V.-Résumé français p. 1–3.

Om Stammens og Bladenes Bygning hos Vochysiaceerne. Oversigt over det K. D. Vidensk. Selsk. Forhandl. (Kjöbenhavn) No. 2. s. 180–205, tavle VII–XI. Résumé français p. 14–20.

Om Kimens Udviklingshistorie hos *Ruppia rostellata* og *Zannichellia palustris*. Vidensk. Meddel. fra d. naturhist. Forening (Kjöbenhavn) S. 1–14, tavle I, II.

Untersuchung der auf der Süßwasserschlange *Herpeton tentaculatum* LACEPÈDE aus Bangkok in Siam wachsenden Algen. (Mit P. MAGNUS zusammen in Sitz.-Ber. d. Ges. Nat. Freunde zu Berlin, S. 99–101.)

Über *Chromophyton Rosanoffii*. Vorläufige Mitteilung. Sitz.-Ber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg (Berlin), Jahrg. 24, S. 49–50.

---

1) Vgl. HENRIK PRINTZ' Nekrolog über N. WILLE in Nyt Magazin for Naturvidenskaberne (Kristiania), LXII, 1924, S. 1–51, mit vollständigem Schriftenverzeichnis, S. 27–51, darunter Hunderten von in der Tagespresse erschienenen Artikeln.

1883. Om Slaegten Gongrosira Kütz. Oefvers. af Kgl. svenska Vetensk.-Akad. Förhandl. No. 3, S. 5—20, 2 tavler.

Über die Zellkerne und die Poren der Wände bei den Phycochromaceen. Ber. d. D. Bot. Ges. (Berlin) I, S. 243—246.

Über Akineten und Aplanosporen bei den Algen. Bot. Centralbl. (Cassel) XVI, S. 215—219.

1884. Om de mekaniske Aarsager til at visse Planters Bladstilke krumme sig ved Temperatur, der naerme sig Frysepunktet. Oefvers. af Kgl. svenska Vetensk.-Akad. Förhandl. S. 79—93, 1 tavle.

Bidrag til Sydamerikas Algflora I—III. Bihang till Kgl. svenska Vetensk.-Akad Handl. (Stockholm) Bd 8, No. 13, 64 S, 3 tavler.

Siebhyphen bei den Algen. Ber. d. D. Bot. Ges. (Berlin) III, S. 29—31, 1 Taf.

Über die mechanischen Ursachen des im Herbste stattfindenden *Herabbiegens der Blätter einiger krautartiger Pflanzen.* Bot Centralbl. (Cassel) XVIII, S. 220—221.

Algae, Alger in E. WARMINGs Haandbog i den systematiske Botanik, 2. Udg. (Kjöbenhavn) S. 10—47.

1885. Über die Geschichte der Pollenkörner der Angiospermen und das Wachstum der Membranen durch Intussusception. Videnskabsselsk. Forhandl. (Kristiania) No. 5, 71 S., 3 Taf.

Bidrag til Algernes physiologiske Anatomi. Kgl. svenska Vetensk.-Akad. Handl. (Stockholm) Bd. 21, No. 12, 104 S., 8 tavler.

Zur physiologischen Anatomie der Algen. Vorläuf. Mitteil. Bot. Centralbl. (Cassel) XXI, S. 282—284, 315—317.

Über *Chromulina*-Arten als Palmellastadium bei Flagellaten. Ibidem XXIII, S. 258—263.

Über das Assimilationssystem der Algen. Vorläuf. Mitteil. Ibidem XXIII, S. 264—265, 296—298.

Alger fra Novaja Semlja og Kara-Havet, samlede paa Dijmphna Expeditionen 1882—1883 af Th. HOLM, bestemte af N. WILLE og L. KOLDERUP-ROSENVINGE. Tavle XIII, XIV. Dijmphna-Togtets zoologisk-botaniske Udbytte. Kjöbenhavn.

1886 Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der physiologischen Gewebesysteme bei einigen Algengattungen. Vorläuf. Mitteil. Bot. Centralbl. XXVI, S. 86—90.

Über mißbildete Früchte bei *Capsella bursa pastoris* L. Ibidem XXVI, S. 121—124.

Hr. BRUNCHHORST als Referent. Ibidem XXVII, S. 245—247.

Noch eine Antwort an Herrn BRUNCHHORST. Ibid. XXVIII, S. 287.

1887. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der physiologischen Gewebesysteme bei einigen Florideen. Nova Acta d. K. Leop. Carol. Akad. d. Naturforscher (Halle) LIII, No. 2, S. 49—100, 6 Taf.

Kritische Studien über die Anpassung der Pflanzen an Regen und Tau. COHNs Beiträge z. Biologie der Pflanzen (Breslau) IV, S. 285—381.

1889. Om Fucaceernes Blaerer. Bihang till Kgl. svenska Vetensk.-Akad. Handl. (Stockholm) Bd. 14, Afd. 3, No. 4, 21 S., 2 tavl.

Über das Scheitelwachstum bei *Lomentaria kaliformis.* Bot. Centralbl. XXXVII, S. 420—422.

Der Teufelsbiß im Blatte von *Phragmites communis*. Bot. Centralbl. XXXVII, S. 422—424.

1889/97. Conjugatae, Chlorophyceae, Characeae in ENGLER und PRANTL, Die natürlichen Pflanzenfamilien (Leipzig) Bd. I, Abt 2, S. 1—175.

1891. Algae, Alger in E. WARMINGs Haandbog i den system. Botanik, 3. Udg. (Kjöbenhavn) S. 5—56, 71—79.

1892 Morphologiske og physiologiske Studier over Alger I, II. Nyt Magaz. f. Naturvid. (Kristiania) Bd. 32, S. 99—113, tavle I, II.

FREDRIK CHRISTIAN SCHÜBELER. Nekrolog. Ber. d. D. Bot Ges. (Berlin) X, S. 44—52.

1893 Mykologiske Notizer I. *Plasmopara viticola* (Berk. et Curt.) Berl. i Norge. II. Om nogen og daekket Brand paa Havre og Byg. Med avbildninger. Botan. Notiser (Lund) S 1—11.

1894. Über die Befruchtung bei *Nemalion multifidum* (Web. Mohr) I. Ag. Vorläuf. Mitteil. Ber. d. D. Bot. Ges. (Berlin) XII, Generalvers.-Heft S. 44—52.

1895. Über *Pleurocladia lacustris* A. Br. und deren systematische Stellung. Ber. d. D. Bot. Ges. (Berlin) XIII, S. 106—112, Taf. X.

Über die Lichtabsorption bei den Meeresalgen. Biol. Centralbl. XV, S. 529—536.

1896. Exemplare einer für Norwegen neuen Alge, *Spirogyra rivularis* Rabh. Biol. Centralbl. XVI, S. 124—125.

Die Resultate einiger vorläufigen Untersuchungen über Organismen in Christiania-Trinkwasser. Biol. Centralbl. XVI, S. 125—126.

Dyrkning af Medicinalplanter her i Landet og Udnytning af vildtvoksende Medicinalplanter. Farmaceutisk Tidende (Kristiania) IV, S 148—152.

1897. Om Faroeernes Ferskvandsalger og om Ferskvandsalgernes Spredningsmaader. Botaniska Notiser (Lund) S. 1—32, 49—61. Med 1 tavle.

Beiträge zur physiologischen Anatomie der Laminariaceen. Festskrift til Hans Majestaet KONG OSCAR II. Kristiania, 11. S. 1—70, 1 planche.

1898. Früchte und Blätter eines Pfropfbastardes von einer auf Weißdorn (*Crataegus oxyacantha* L.) veredelten Birne. Biol. Centralbl. XVI. S. 126—127.

Über Zeichnungen von einigen Planktonalgen. Ibidem, XVIII, S. 302.

1899. Om nogle Vandsoppe. Videnskabsselsk. Skrift. (Matemat.-naturvid. Klasse) Kristiania, No. 3, 14 S., 1 tavle.

Über die Wanderung der anorganischen Nährstoffe bei den Laminariaceen. Festschrift für SCHWENDENER (Berlin), S. 321—340.

New Forms of Green Algae. Rhodora, Journal of the New England Bot. Club. (Boston) vol. I, p. 149—150.

1899/1918. Algologische Notizen I—XXIX. Nyt Magazin for Naturvidenskaberne (Kristiania): I—IV (B. 38, 1899, S, 1—27, Taf. I); V—VIII (B. 39, 1901, S, 1—24); IX—XIV (B. 41, 1903, S. 89—185); XV, Über *Wittrockiella* nov. gen., mit Taf. 11—14 (B. 47, 1909, S. 209—225); XVI—XXI, mit Taf. 1 u. 2 (B. 48, 1910, S. 281—306; XXII—XXIV, mit Taf. 1 (B. 51, 1913, S. 1—27); XXV—XXIX, mit Taf. 1 u 2 (B. 56, 1918, S. 1—60).

1900. Studien über Chlorophyceen I—VII. Videnskabsselsk. Skrift. (Matemat.-naturvid. Klasse) Kristiania, No. 6, 46 S., 4 Taf.

Algen aus dem nördlichen Tibet, von Dr. S. HEDIN im Jahre 1896 gesammelt. PETERMANNS Mitteil., Ergänz.-Heft No. 131, S. 370—371 (Gotha).

1901. WILLE, JOHAN NORDAL FISCHER: Selvbiografi. Studenterne fra 1875. (Kristiania) S. 1—16.

1902. Vegetationen i Seljord i Telemarken efter 100 Aars Forlöb. Nyt Magaz. f. Naturvidensk. (Kristiania) B. 40, S. 65—98.

Über Gasvakuolen bei einer Bakterie. Biol. Centralbl. (Leipzig) XXII, S. 257—262

1903. *Antarktische Algen. Nyt Magaz. f. Naturvid. B. 41, S. 27—43*

Dryas octopetala bei Langesund. Eine glaciale Pseudorelikte (i forening med JENS HOLMBOE). Ibidem, B. 41, S. 89—185.

Über einige von J. MEYNHARDT in Südafrika gesammelte Süßwasseralgen. Österreich. bot. Zeitschr., No. 3, S. 89—95.

Nordisches Plankton, hg. von K. BRANDT, XX, Kiel: Schizophyceen, 29 S.

1904 Ergebnisse der in dem Atlantischen Ozean 1889 ausgeführten Planktonexpedition, hg. von V. HENSEN. IV. Die Schizophyceen der Planktonexpedition. Kiel. S. 1—88.

Über die Gattung *Gloionema* Ag. Eine Nomenklaturstudie. Festschrift zu P. ASCHERSONs siebzigstem Geburtstag. Berlin. S. 439—450.

Motion au Congrès international de Botanique, deuxième session, Vienne; Nyt Magaz. f. Naturvid. (Kristiania) B. 42, S. 217—220

1905. Om Indvandringen av det arktiske Floraelement til Norge (übersetzt in ENGLERs Bot. Jahrbücher, B. 36, Beibl. No. 81, S. 44—62). Nyt Magaz. f. Naturvid. (Kristiania) B. 43, S. 315—338.

Über die SCHÜBELERschen Anschauungen in Betreff der Veränderungen der Pflanzen in nördlichen Breiten. Biol. Centralbl. (Leipzig) XXV, S 561—574.

1906. Algologische Untersuchungen an der biologischen Station in Drontheim I—VII. Det Kgl. norske Vidensk. Selsk. Skrifter (Trondhjem); Meddelelser fra Trondhjems biol. Station Nr. 2 38 S., 1 Taf.

1907. Über sogenannte Krüppelzapfen bei *Picea excelsa* (L) Link. Nyt Magaz. f. Naturvid. (Kristiania) B. 45, S. 375—386, mit Taf.

1908. Zur *Entwicklungsgeschichte der Gattung Oocystis.* Ber. d. D. Bot. Ges. (Berlin) XXVIa, S. 812—822. Taf. 15.

1909/10. Conjugatae, Chlorophyceae, Characeae in ENGLER und PRANTL, Die natürlichen Pflanzenfamilien (Leipzig) Bd. I, Abt. 2, S. 1—136, Nachtrag.

1910. MIKAEL HEGGELUND FOSLIE. Kgl. norske Vidensk. Selsk. Skrift. (Tronthjem) S. 1—18. Med portraet.

Der anatomische Bau bei *Himanthalia lorea.* PRINGSHEIMS Jahrb. f. wiss. Bot (Leipzig) XLVII, S. 495—538. Taf. 14—15.

1911. Om Stammens og Bladets Bygning hos *Myriocarpa cordifolia* Liebm. Biolog. Arbeider tilegnede EUG. WARMING. Kjöbenhavn, S. 265—279.

La neige verte et la neige rouge des régions antarctiques. Extrait du Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle. Paris, No. 6, p. 479—482.

1912. *Fredning av sjeldne Plantearter paa Dovre* (Norge). Botan. Notiser (Lund) S. 143—144.
Om Udviklingen af *Ulothrix flaccida* Kütz. Svensk Bot. Tidskr. (Stockholm) S. 447—459, Tab. 14, Fig. 1—30.
Sur quelques Algues des neiges antarctiques. Deuxième Expédition antarctique Française (1908—1910) commandée par le Dr. JEAN CHARCOT. Sciences naturelles: Documents scientifiques. Paris, p. 182—191, pl. IV.
Schutz der Naturdenkmäler in Norwegen. Beitr. z. Naturdenkmalpflege, hg. v. H. CONWENTZ. B. II, S. 293—297, 314.
1913. Süßwasseralgen von den Samoa-Inseln. Hedwigia LIII, S. 144—147.
Über die Veränderungen der Pflanzen in nördlichen Breiten. Eine Antwort an Herrn RICHARD SEMON. Biol. Centralbl. XXXIII, S. 245—254.
1914. Süßwasseralgen von den Samoainseln, Hawaii, den Salomoninseln und Ceylon, gesammelt von Dr. K. RECHINGER. Denkschrift. d. Mat.-nat. Kl. d. K. Akad. d. Wissensch. (Wien) B. 91, S. 1—22, 3 Taf.
1915. VEIT BRECHER WITTROCK. Ber. d. D. Bot Ges (Berlin) XXXIII, S. 25—48.
The Flora of Norway and its Immigration. Annals of the Missouri Botanical Garden. St. Louis, v. II, No. 1 & 2, p. 59—109.
Report of an Expedition to Porto-Rico for collecting Fresh-Water Algae. Journal of the New York Bot. Garden. New York, p. 132—146.
1916. Om Udbredelsen av *Artemisia norvegica*. Botan. Notiser (Lund), S. 133—137.
1917. Mindetale over Dr. I. B. E. BORNET. Videnskabselsk. Forhandl. (Kristiania).
Mindetale over Prof. E. STRASBURGER. Ibidem.
INGEBRIGT HAGEN. Kgl. norske Vidensk. Selsk. Skrift. (Trondhjem) S. 1—13.
Atragene sibirica L. vildtvoksende i Norge. Bot. Notiser (Lund) S. 241—255.
Rökbaerdige Naaletraer. Tidskrift f. Skogbruk (Kristiania) S. 161—174.
1919. Fredede Naturmindesmaerker paa Oestlandet i Norge. Nyt Magaz. f. Naturvidensk. (Kristiania) B. 57, S. 1—15, 1 tavle.
1920. Die Fortschritte des Naturschutzes in Norwegen. Beitr. z. Naturdenkmalpflege, hg. v. H. CONWENTZ. B. VI, H. 4, S. 559—561. Berlin.
1922. Mindetale over Prof. Dr. A. G. NATHORST. Videnskabselsk. Forhandl. (Kristiania).
Phycoerythrin bei den Myxophyceen. Ber. d. D. Bot. Ges. (Berlin) XL, S. 188—192.
Algen aus Zentralasien, gesammelt von Dr. SVEN HEDIN. SVEN HEDIN, Southern Tibet, vol. VI, part III, Botany: Stockholm, S. 153—195. 1 Taf.
1923. Karplanter og ferskvandsalger fra öerne Huöy, Ona og Rösholmen paa Nordmör. Nyt Mag. f. Naturvid. (Kristiania) B. 61, S. 53—89. Pl. I, II.
1924. Süßwasseralgen von der deutsch. Südpolar-Expedition auf d. Schiff „Gauß". Deutsche Südpolar-Exp., Botanik, Bd. VIII, Heft 3. Berlin.

Ferdinand Wirtgen[1]).

Von
M. KOERNICKE und H. ANDRES.

(Mit Bildnis im Text.)

Am 26. Januar 1924 verschied zu Bonn nach langer, schmerzvoller Krankheit Dr. phil. h. c. FERDINAND PAUL WIRTGEN. FERDINAND WIRTGEN war am 7. Januar 1848 zu Coblenz geboren. Sein Vater — der bekannte rheinische Florist und Pflanzengeograph Dr. PHILIPP WIRTGEN — war damals an der Bürgerschule als Lehrer tätig. Seine Mutter — ANNA CORNELIE — war eine geb. HOFFBAUR aus Winningen. Aus dieser Ehe waren im ganzen 10 Kinder (2 Töchter und 8 Söhne) hervorgegangen, von denen zwei in jungen Jahren starben. Vom Herbst 1853—1859 besuchte WIRTGEN die Bürgerschule zu Coblenz, dann das dortige Gymnasium, das er 1864 mit dem Zeugnis für Obersekunda verließ. Schon frühzeitig erwachte in dem begabten Knaben die Freude an der Pflanzenwelt. Kaum 10 Jahre alt, begleitete er oft den Vater auf seinen Sonntags-Exkursionen, später waren sein Bruder HERMANN und er seine ständigen Begleiter. „Der Vater verwunderte sich oft, daß unsere Herbstzeugnisse sich sehr unvorteilhaft gegen die zu Ostern abhoben, ich garnicht.“

Um ganz seinen botanischen Neigungen sich widmen zu können, entschloß FERDINAND sich zum Apothekerberuf. Erst war er beim Apotheker SCHIRA zu Coblenz in der Lehre, aber schon nach 9 Monaten mußte er seinen Prinzipal wechseln, er trat im Juni 1865 bei GREBEL in Coblenz in die Lehre, die bis Herbst 1867 dauerte. Ein halbes Jahr blieb er noch als Gehilfe bei seinem Lehrherrn, dann trat er in gleicher Eigenschaft in das Geschäft des Apothekers FRÖTSCH zu St. Johann-Saarbrücken ein. Die Prüfung als Apotheker-Gehilfe bestand er, wie die Aufnahmeprüfung, mit „Sehr gut“. Zwei Jahre konditionierte er in St. Johann, genügte dann vom 1. April 1870 seiner Militärpflicht als Militär-Pharmazeut im Garnison-Lazarett zu Coblenz. Vor und nach bestandenem Staats-Examen (1872/73) war er mehrere Jahre in

1) Die nachfolgenden Angaben aus seinem Leben verdanken wir hauptsächlich einem von ihm selbst um 1920 geschriebenen „Lebenslauf“, den er leider nicht vollendete. Seiner Gattin sind wir für wertvolle Ergänzungen und Berichtigungen verpflichtet.

St. Johann tätig, bis er 1878 die FRÖTSCHsche Apotheke käuflich übernahm. Nur einmal (von 1873 bis 1875) wurde seine Saarbrücker Tätigkeit unterbrochen, er hatte die Apotheke zu Eltenheim in Baden gepachtet. Beim Ausbruch des Krieges 1870 blieb er in Coblenz (er war noch „nicht examinierter Apotheker"). Da sein Vater am 7. September 1870 plötzlich starb und seine Mutter trotz der 39 Dienstjahre des Vaters an einer Schule keine Pension erhielt und nun mittellos war, nahm sich seiner der General-Arzt Dr. SCHOLLER an. Er erwirkte ihm einen Zuschuß von 25 Talern und bald darauf ein Kommando in Aachen, das ihm monatlich 30 Taler extra einbrachte. Nach 15½monatiger Dienstzeit wurde er entlassen, bald zum Unter- und dann zum Ober-Apotheker des Beurlaubtenstandes befördert. Noch bevor WIRTGEN die Universität Bonn besuchte, sehen wir ihn wieder einige Monate in Saarbrücken. Im Winter 1872/73 legte er zu Bonn das Staatsexamen mit dem Prädikat „Sehr gut" ab. Die ihm unvergeßlich gebliebenen Dr. SCHOLLER und Dr. v. DECHEN, dann auch der damalige Inhaber des botanischen Lehrstuhls an der Universität Bonn, J. HANSTEIN, behoben die materiellen Schwierigkeiten. In Anerkennung seines Fleißes und seiner Gewissenhaftigkeit berief ihn sein früherer Chef wieder nach St. Johann. Am 1. Januar 1878 übernahm er die Apotheke. Wiederum war V. DECHEN der Helfer, sein ältester Bruder und ein Freund übernahmen die Bürgschaft. Nur 10 Jahre betrieb er sie auf eigene Rechnung, da zwang ihn die schwere Erkrankung seiner Gattin, ein milderes Klima aufzusuchen. — WIRTGEN hatte sich im Sommer 1878 mit HELENE MARIE PFEIFER aus St. Johann verheiratet. Er hatte nur 2 Töchter; das jüngste Kind starb bald nach der Geburt, das älteste, HELENE, ging dem Vater noch im Tode voraus. Sie war mit dem Oberlehrer Dr. STOPPENBRINK zu Hamburg vermählt. — Zuerst siedelte WIRTGEN nach Godesberg, dann 1889 nach Bonn über. Aber der Wechsel brachte seiner Gattin keine Besserung, sie erlag ihrem Leiden 1891. Nun widmete sich WIRTGEN ausschließlich der Botanik. 1907 verheiratete er sich zum 2. Male, und zwar mit Fräulein AMALIE KUNZ aus Birkenfeld und tat damit „einen Schritt, den ich nie zu bereuen hatte". Schon um 1910 stellte sich Atemnot ein, ein chronischer Bronchialkatarrh und Emphysem befielen ihn, so daß er bald (1911) das Botanisieren völlig aufgeben mußte. In Anerkennung seiner Verdienste um die Erforschung der heimischen Flora verlieh ihm die philosophische Fakultät der Universität Bonn gelegentlich ihrer Hundertjahr-Feier den Titel Dr. h. c. Ihm zu Ehren benannte ANDRES 1913 die Monotropeen-Gattung *Wirtgenia*.

Seine Erkrankung nahm mit den Jahren zu, sie steigerte sich bis zur Unerträglichkeit, von 1921 ab war er fast ganz ans Bett gefesselt. Mit beispielloser Geduld ertrug er alle Leiden, treulich gepflegt von seiner Gattin, bis er dem tückischen Leiden erlag, kaum 76 Jahre alt, körperlich und geistig sonst noch rüstig.

Die in WIRTGEN schlummernde Neigung zur Botanik, die ihn bis an sein Lebensende beherrschte, war vom Vater schon frühzeitig erkannt und gepflegt worden. Dem kaum Elfjährigen schenkte er ein Herbarium seltener nordischer und alpiner Pflanzen. Der Eifer FERDINANDs wurde dadurch mächtig angespornt, denn nun hatte ihn auch der Vater als „Botaniker“ anerkannt. 1857 durfte er ihn zum ersten Mal zu einer botanischen Exkursion an die Untermosel begleiten. An diese kleineren Exkursionen schlossen sich bald ausgedehntere an, manche, die die körperlichen Kräfte des jungen Botanikers überstiegen. Auf dem Heimwege des Abends

spät oder in aller Morgenfrühe schlief er oft an der Hand des Vaters und seines Bruders HERMANN ein. Eine ganz besondere Freude machte ihm sein Vater zu Ostern 1862 — er hatte ein gutes Osterzeugnis heimgebracht —, er durfte ihn auf einer zehntägigen Reise durch die Eifel begleiten. Beide zugleich fanden damals an der Nürburg *Corydalis fabacea* auf, ein Fund, der, pflanzengeographisch betrachtet, von hoher Bedeutung war. Von diesem Jahre an führte ihn der Vater systematisch in das Studium der Pflanzenwelt ein. Unter seiner Leitung lernte er die Umgebung der Stadt, dann das Mayfeld, die Vorder-Eifel, Unter-Mosel, die Lahn und den vorderen Westerwald botanisch genau kennen. Aus diesen Jahren stammte auch seine Vorliebe für kritische Genera: *Verbascum*, *Rosa*, *Rubus*, *Carex* u. a. 1864 unternahm er mit seinem Bruder HERMANN und einigen Schulfreunden allein eine Tour in den Hunsrück. Am Kappenstein fanden sie *Pulmonaria mollis*, bei Dhaun *Saxifraga Aizoon* u. a. m.

Wie innig das Verhältnis zwischen Vater und Sohn geworden und welche wertvolle Hilfe er ihm war, beweist am besten ein Brief, den 1868 der Vater an ihn nach St. Johann schrieb: „Lieber FERDINAND, mit den Exkursionen ist es jetzt nichts mehr. Ich laufe allein durch die Welt, ich habe keine Lust mehr daran.“ Im Hause seines Vaters lernte FERDINAND viele der damaligen wissenschaftlichen Größen kennen. Außer V. DECHEN, Dr. SCHOLLER, HASSKARL, Prof. VOM RATH und v. a. war es vor allem HAUSSKNECHT, mit dem ihn später freundschaftliche Bande verknüpften. Die meiste Anregung und Förderung verdankte er aber nach dem Tode des Vaters seinem Freunde Dr. CHRIST in Basel. 1879, gelegentlich seiner ersten Reise in die Schweiz, machte er dessen persönliche Bekanntschaft. CHRIST interessierte ihn für das Studium der *Carices*, der Gattung *Rosa* und *Rumex*. Aus Dankbarkeit lieferte er CHRIST wertvolle Beiträge zu seinen „Farnkräutern der Schweiz“. Schon während seines ersten Saarbrücker Aufenthaltes botanisierte er in der Umgebung der Stadt eifrig. Diese Funde sowie die späteren bis 1870 überwies er seinem Vater, der sie seiner Sammlung einverleibte. 1868 lernte er auch den damals noch jungen Bryologen (Apotheker) F. WINTER kennen, der ihn auch bei seinen Exkursionen wesentlich unterstützte. Beide lieferten dem Vater manchen wertvollen Beitrag zu seinem bekannten Exsiccaten-Werk. WINTER führte ihn damals auch in die Bryologie ein. Beiden gelang in den Jahren mancher gute Fund.

Die beiden ersten Jahre nach des Vaters Tode beschäftigte sich WIRTGEN fast ausschließlich mit dem Ordnen der von diesem

hinterlassenen Herbarien und Sammlungen. Das General-Herbarium wurde dem botanischen Museum in Edinburgh käuflich überlassen — in Deutschland war die erforderliche Summe von einigen hundert Talern nicht aufzutreiben! — die Doubletten (namentlich soweit sie die Flora rhenana betrafen) erhielt der Naturhistorische Verein der preußischen Rheinlande und Westfalens, das Einordnen in das vorhandene blieb ihm auch vorbehalten. FERDINAND selbst behielt nur ganz wenig, und was er selbst gesammelt hatte. Er fing mit seinem Herbarium ganz von vorne an. Die Nummern der oben genannten Exsiccaten in seiner Sammlung entstammen den später sich ergebenden Doubletten des Naturhistorischen Vereins. So läßt sich erst ermitteln, welche Unsumme von Fleiß und Arbeit FERDINAND WIRTGEN aufgewandt hat, um sein über 210 000 Nummern umfassendes Herbarium zusammenzubringen; denn rund $^4/_5$ davon waren von ihm selbst gesammelt worden. Erst später fügte er ältere, ihm wichtiger erscheinende Exsiccaten seiner Sammlung zu. Von 1873—78 war er anscheinend weniger botanisch tätig. In den nächsten 10 Jahren botanisierte er wieder hauptsächlich in Gemeinschaft mit WINTER um Saarbrücken[1]). Die Erkrankung seiner Gattin machte mehrere Reisen und den längeren Aufenthalt an Kurorten notwendig. Er versäumte keine Gelegenheit, die Floren dieser Gegenden genau kennen zu lernen.

WIRTGENs umfassendste Tätigkeit begann aber erst 1892. Er war nach und nach mit vielen der bekanntesten Botaniker in Verbindung getreten. Erwähnt seien P. ASCHERSON, FR. KOERNICKE, Dr. CHRIST, WILCZEK, F. BUCHENAU, C. BICKNELL, HEYDEN und ZICKENDRAHT (Rußland), LUERSSEN, HAUSSKNECHT, Dr. TORGES, HALASCY u. v. a.; ja bis Nord-Amerika reichten seine Verbindungen, von den rheinischen Floristen ganz abgesehen. Die kritischen Genera *Verbascum*, *Rubus*, *Salix*, *Rumex* und *Mentha* hatten ihn besonders gefesselt. Auf CHRISTs Ermunterung nahm er *Rosa* und *Carex* dazu, denn die an diesen Pflanzen so reichen Saar- und Moselberge lieferten Material in Menge. HAUSSKNECHTs nähere Bekanntschaft war Grund zu ausgedehnten Studien über die Gattung *Epilobium*, die er diesem bei Abfassung seiner Monographie selbstlos zur Verfügung stellte. Auch von seinen bis 1899 intensiv betriebenen rhodologischen Studien und Forschungen machte er selbst keinen Gebrauch, er überließ sie seinem Freunde M. SCHULZE,

---

1) Bemerkenswert ist, daß er F. W. SCHULTZ, Bip., der sein Herbar verloren hatte, fast den größten Teil seiner Sammlungen schenkte. Wohin sie später gekommen sind, ließ sich nicht mehr ermitteln.

Jena, „der sie besser gebrauchen konnte als er". Nach und nach trat aber bei seinen Studien und Exkursionen immer mehr das floristische und später das pflanzengeographische Moment in den Vordergrund. Von systematischen Spezialstudien blieben nur mehr die Pteridophyten übrig; diesen blieb er bis zuletzt, solange er noch die Feder führen konnte, treu.

Zahllos waren seine Reisen durch Westdeutschland. Während der Monate April bis tief in den Oktober hinein war er fast jede Woche 4 Tage zu Exkursionen unterwegs. Dazwischen legte er größere Reisen zur Erweiterung seiner Kenntnisse, so nach Borkum (1892 und 93, 94), der Schweiz (1879, die letzte 1910) (namentlich Lugano hatte es ihm angetan), den Vogesen (1885), dem Schwarzwald (1885), dem Harz (1890) u. a. m., vielfach in Begleitung seiner Freunde. Seine Sammlungen mehrten sich dergestalt, daß er eine Dreiteilung vornahm: sein „Allgemeines Herbar", das „Rheinische" und die „Pteridophyten". Da sich naturgemäß große Mengen Dubletten ansammelten, tauchte in ihm der Gedanke auf, sie nutzbringend zu verwenden. Er stellte sie zu kleinen Sammlungen zusammen und schenkte sie dann seinen Freunden. Er fand damit solchen Beifall, daß er sich entschloß, auch die Pteridophyten zu solchen Kollektionen zusammenzustellen. Es bedurfte keiner großen Ermunterung durch LUERSSEN mehr, und die Grundlage zu einer „Pteridophyta exsiccata" war geschaffen. Die Zahl der Mitarbeiter mehrte sich; bis 1907 waren 14 Lieferungen erschienen[1]). Nach und nach riß der Tod große Lücken in die Zahl seiner Mitarbeiter, und nach 1907 erschien von ihm keine Lieferung mehr.

Schon in seiner Jugendzeit hatte er den Hunsrück genauer kennengelernt. In den Jahren 1900—1907 besuchte er dann namentlich wieder Mosel und Saar, um die noch bestehenden Lücken auszufüllen. Während der Zeit, als sein Bruder HERMANN noch Arzt in Luisenthal war, bot sich ihm die gute Gelegenheit, die Studien der Saarflora fortzusetzen und zu ergänzen. Als dieser nach Daaden übersiedelte, wandte er dem Hohen Westerwald seine besondere Aufmerksamkeit zu. Von 1893—95 sehen wir ihn wiederholt in diesem Gebiet, bald nur in Begleitung seines Bruders, bald in Gemeinschaft mit TORGES und HAUSSKNECHT. 1894 besuchte er zum ersten Mal den Stegskopf (645 m). Er entdeckte hier *Gagea spathacea*, *Lathyrus vernus*, *Corydalis fabacea* und *Campanula latifolia* — neu für die Flora des Westerwaldes — inmitten großer Bestände

1) Es folgte 1910 noch eine 15. Lieferung, herausgegeben von W. KRIEGER jun.

von *Leucojum vernum*. Im Juni desselben Jahres fanden HAUSSKNECHT, TORGES und er hier zum ersten Male für die Flora Westdeutschlands *Anthriscus nitidus* Garcke, ein Fund, der sie nicht nur überraschte, sondern auch mit Stolz erfüllen konnte. Aber eigentümlicherweise übersahen sie *Petasites albus* und *Drosera rotundifolia*. WIRTGEN dehnte seine Exkursionen weiter nach dem Mittellauf der Großen und Kleinen Nister aus und im Naurother Nisterwald fand er das Spiegelbild des Stegskopfes, es fehlte nur *Anthriscus nitidus*, dafür überraschte ihn *Ramischia secunda* Garcke.

Seine Exkursionen in die Eifel und an den Niederrhein auch nur aufzuzählen, geht wegen ihrer Zahl nicht an. Nur einer Exkursion gedachte er immer wieder, als er zwischen Mehren und Schalkenmehren *Botrychium ramosum* zum ersten Male sammeln konnte. Von Ende September bis Ende Oktober waren das Ahrtal, namentlich die Saffenburg, die Felsen um Blankenburg a. d. Sieg, Herrnstein a. d. Bröhl das Ziel seiner Exkursionen. Sie galten in der Hauptsache den „süßen Engeln" *Polypodium vulgare*. Überraschend groß ist die Zahl der gefundenen Formen und Monstrositäten; manche wurden von ihm zum ersten Male erspäht. Dasselbe Interesse brachte er den Botrychien entgegen. Zu eingehenderem Studium entlieh er sich diese aus den Herbarien seiner Freunde. Das Ergebnis hat er niedergelegt in einer unveröffentlichten Arbeit „*Botrychium lunaria*".

Leider hat WIRTGEN nur wenig veröffentlicht. Die wenigen Arbeiten sind am Schluß dieses Aufsatzes zusammengestellt. Seine Bedeutung für die Systematik und die Erforschung kritischer Formenkreise ist darum für uns heute schwer zu beurteilen. Die Ergebnisse seiner Studien und seiner Ansichten hat er seinen Freunden vorbehaltlos zur Verfügung gestellt, ja häufig genug die Bitte daran geknüpft, seinen Namen möglichst nicht zu nennen. Großen Wert legte er aber darauf, daß sein Herbar die zu seinem Studium nötigen „Unterlagen" hatte. Nur HAUSSKNECHT erhielt von ihm einen kleinen Teil der Belege zu seinen *Epilobium*-Studien. Die große Abneigung vor Veröffentlichungen lag in seiner übergroßen, für den Fernerstehenden kaum verständlichen Bescheidenheit. Um so größer war seine Freude, wenn es ihm gelang, der Botanik einen neuen Jünger, für die Heimatforschung einen neuen Freund zu finden. Namentlich dem jungen Anfänger stand er mit Rat und Tat zur Seite. Jedermann standen die Ergebnisse seiner Forschung, seine Kenntnisse zur Verfügung, galt er doch in vielem, namentlich was die Pteridophyten angeht, als Autorität. Aus dem reichen Strom seines Wissens konnte jeder schöpfen, der

Lust und Liebe zur Sache hatte. Sein Hauptbestreben war daher mit zunehmender Erkrankung, seine umfangreichen Sammlungen der Allgemeinheit zugute kommen zu lassen. Er schenkte sie mit Ausnahme der Pteridophyten, welche 1912 an das Herbar des Prinzen ROLAND BONAPARTE übergingen, dem Naturhistorischen Verein der preußischen Rheinlande und Westfalens in der Absicht, daß „seine mit vieler Mühe und großem Fleiß zusammengetragenen Schätze einem späteren Bearbeiter der rheinischen Flora stets Gelegenheit zur Einsichtnahme und Durcharbeitung geben sollten". Sein Moos-Herbar, das mit recht interessanten Stücken aus den Händen HERPELLs, WINTERs, DREESENs u. a. geschmückt war, schenkte er 1899 HAUSSKNECHT.

So war WIRTGEN überall der gebende Teil, jeder empfing reichlich und gerne Anregung, Material, ja sogar pekuniäre Unterstützungen. Zu Revisionen oft umfangreicher Sendungen war er stets bereit. Keiner, der einige Tage bei ihm war, kam daran vorbei, mit ihm eine Exkursion, wenigstens ins Ahrtal, zu machen. Es entsprach das auch ganz WIRTGENs Charakter. Schlicht und freundlich, wie er war, gab er sich auch; durch und durch ein deutscher Mann, ehrlich, gewissenhaft bis zum äußersten, entgegenkommend. Darum lasteten auch die Folgen des Krieges so schwer auf ihm, und nach dem Zusammenbruch des „passiven Widerstandes" brach auch sein körperlicher Widerstand. Seine Kräfte schwanden zusehends, bis ihn der Tod erlöste.

Verzeichnis der von F. Wirtgen veröffentlichten Arbeiten.

1885 H. WIRTGEN und F. WIRTGEN, *Carex ventricosa* Curt in der Rheinprovinz. Ber. d. dtsch. bot. Ges. III, 1885, p 203—204

1886 F. WIRTGEN, Zusätze und Bemerkungen zur 15. Auflage von Garckes Flora von Deutschland. Dtsch. bot. Monatsschrift, (Prof LEIMBACH), IV, 1886, p. 157.

1892 — —, *Epilobium adnatum* × *montanum*. Dtsch. bot. Monatsschrift, (Prof. LEIMBACH), X, 1892, p. 14—15.

1898 — —, *Equisetum maximum* Lam. Herbarium normale, Cent. XXXV. edit. J. DÖRFLER S. 1—8.

1899 — —, Beiträge zur Flora der Rheinprovinz. Verh. naturh. Ver. von Rheinld. und Westf. 56, 1899, p. 158—175.

1905 — —, Das Seltenerwerden und Verschwinden einzelner Pflanzenarten der rheinischen Flora. Ebenda, 62, 1905, p. 1—7 und 87—93.

1905 — —, und VOIGT, W., Bericht über die Vorarbeiten zur Herausgabe eines Forstbotanischen Merkbuches für die Rheinprovinz. Ebenda, 62, 1905, p. 65—86.

1906 — —, *Aspidium Arendsii* F. Wirtgen. Vgl. CHRIST: *Aspidium lobatum* × *munitum*, nov. hybr. Allg. bot. Ztschr. 1906.

1907 — —, Die Sammlungen des Naturh. Vereins, in Verh. d. Naturh. Ver. Rheinlands u. Westf. p. 47—51
1908 — —, Zur Flora des Vereinsgebietes. Ber. d. Bot. und Zool. Ver. Rheinlds. u. Westf. p. 91—104.
1908 — —, und HAHNE, A.: Die botanische Literatur des Rhein. Schiefergebirges und der angrenzenden Gebiete für 1907 und 1908 Ebenda 1—6.
1908 — —, „Anzeigen." Ebenda I—VIII
1908 — —, Notiz zum Aufsatz v. L. GEISENHEYNER: „Das Vorkommen von *Ulex europaeus* in Nassau." Ebenda S. 33.
1908 — —, und ROLOFF, P., „Anweisung" zur Flora von Westdeutschland, Sonderdruck.
1909 — —, Beiträge zur Fauna des Vereinsgebietes; in der von Dr. O. LE ROI gleichlautenden Arbeit. Ebenda S. 114.
1911 — —, Zur Flora des Vereinsgebietes, Ber. Bot. u. Zool. Ver. 1911, p. 160—173.
1912 — —, Die botanische Literatur des Rhein. Schiefergebirges und der angrenzenden Gebiete. Ebenda E. S. 1—7.
1913 — —, Zur Flora des Vereinsgebietes. Ebenda S. 146—153.
1913 — —, und KOENEN, O., Die botanische Literatur usw. Ebenda E. S. 1—7.
1914 — —, Zur Flora des Vereinsgebietes. Ebenda S 71—82.
1914 — —, und KOENEN, O., Die botanische Literatur usw. Ebenda F. S. 1—6.

Register zu Band XLII.

I. Geschäftliche Mitteilungen.

Seite

Sitzung vom 25 Januar 1924 1
Sitzung vom 29. Februar 1924 2
Sitzung vom 28. März 1924 84
 Einladung zur Generalversammlung in Berlin-Dahlem 83
 Mitteilung über eine Spende des Herrn R. THOST für die KARL-HEINZ-THOST-Stiftung 85
 Einladung zur Naturforscher-Versammlung in Innsbruck . . . 85
 Herr R. KOLKWITZ legt Plankton-Membranfilter vor 86
Sitzung vom 25. April 1924 114
 Preisausschreiben aus den Mitteln der KARL-HEINZ-THOST-Stiftung 113
 Mitteilung über die Preisrichter für dieses Preisausschreiben 114
 Herr H. GRÜSS legt Präparate einer Devonalge aus Spitzbergen vor 115
 Herr F. v. WETTSTEIN führt Kulturen von multiploiden Moosrassen vor 116
Sitzung vom 30. Mai 1924 181
 Vorläufiges Programm für die Generalversammlung 179
 Herr H. ZILLIG bittet um Zusendung von Ustilagineen . . . 182
 Herr K. SNELL zeigt eigenartig gestaltete junge Kartoffelpflanzen 182
Sitzung vom 27. Juni 1924 229
 Programm für die Generalversammlung 227
 Herr R. KOLKWITZ demonstriert neue Apparate (Lupe mit Kreuztisch und Planktonkammer, Prismenglas „Turmon") . . . 230
Sitzung vom 25. Juli 1924 277
Sitzung vom 31. Oktober 1924 307
 Streichung von Mitgliedern gemäß § 29 der Satzungen 309
 Ergebnis der Wahl des Berliner Vorstandes für 1925 310
Sitzung vom 28. November 1924 345
 Wiederholung der Wahl des Berliner Vorstandes 346
 Sammlung für Frl. ELEONORE SCHLEIDEN 346
Sitzung vom 27. Dezember 1924 398
 Mitteilungen über Änderung des Verlages der „Berichte", über die Versendung der Hefte, über die Herausgabe eines vollständigen Mitgliederverzeichnisses 397
 Ergebnis der Wahlen von Präsidenten und Ausschußmitgliedern für 1925 399
Bericht über die Generalversammlung in Berlin-Dahlem. Eröffnung; die verstorbenen Mitglieder. Ort der Generalversammlung 1925. Bericht über die wissenschaftlichen Mitteilungen. Inhaltsangabe der Vorträge von: W. RUHLAND: Über die Gültigkeit der Ultrafiltertheorie der Plasmahaut für molekular gelöste Stoffe [S. (3)];

Seite

H. GRADMANN: Über Reizstoffbildung beim geotropischen Reizvorgang [S. (5)]; HUGO FISCHER: Über den Sinn der Mykorrhizen-Bildung [S. (6)]; H. KLEBAHN: Über Untersuchungen an verschiedenen Pilzen [S. (7)]; E. HEITZ: Über die Verteilung der Chloroplasten bei der Zellteilung [S. (8) mit 1 Textabb.]; F. ZATTLER: Über Vererbungserscheinungen bei Hutpilzen [S. (10)]; H. POTTHOFF: Über kopulationsähnliche Vorgänge bei Bakterien [S. (11)]; HERMANN FISCHER: Über neue Forschungsergebnisse über die Anfänge der Floristik in Deutschland [S. (12)]; O. STOCKER: Über die Transpiration der Nordseehalophyten [S. (14)]; J. GRÜSS: Über eine Devonalge [S. (15)]; Besichtigungen und Ausflüge; Anwesenheitsliste . . . . (1)

Rechnungsablage für 1923 . . . . (20)

Nachrufe . . . . (98)

2. Nachrufe.

Wladimir Arnoldi von A. BUCHHEIM . . . . (98)

Bruno Löffler von PETER STARK . . . . (103)

Hans Conrad Schellenberg von M. DÜGGELI (Mit Bildnis im Text) . . (110)

N. Wille von H. W. WOLLENBERG (Mit Bildnistafel) . . . . (119)

Ferdinand Wirtgen von M. KOERNICKE und H. ANDRES (Mit Bildnis im Text) . . . . (131)

3. Wissenschaftliche Mitteilungen.

Alexandrov, W. G.: Über die Änderungen in dem Charakter des Schwammparenchyms des Blattes unter der Einwirkung der ableitenden Ströme. (Vorläufige Mitteilung.) 400

Bachmann, E.: Adventivsprossung im Innern eines Cladoniafruchtstieles. (Mit 1 Abbildung im Text.) 87

Bloch, Robert: Über das „Mesekret" von *Ilex aquifolium* 253

Boedyn, K., und de Vries, Hugo: Die Gruppierung der Mutanten von *Oenothera Lamarckiana* 174

Boresch, Karl: Zur Frage der Ersetzbarkeit des Eisens bei der Chlorose 283

Borissow, Georg: Über die eigenartigen Kieselkörper in der Wurzelendodermis bei *Andropogon*-Arten. (Mit 19 Textfiguren.) . . . 366

Brauner, Leo: Phototropismus und Lichtturgorreaktion. (Mit 3 Abbildungen im Text.) (Vorläufige Mitteilung.) 59

Brieger, F.: Über den Silicium-Stoffwechsel der Diatomeen 347

Brieger, Friedrich: Untersuchungen über den Wundreiz. (Mit 2 Abbildungen im Text.) . . . . (79)

Cholodny, N.: Zur Morphologie der Eisenbakterien *Gallionella* und *Spirophyllum*. (Mit 2 Abbildungen im Text.) 35

—, —: Über die hormonale Wirkung der Organspitze bei der geotropischen Krümmung. (Mit 3 Abbildungen im Text.) 356

Czaja, A. Th.: Zur Frage der habituellen Diözie bei *Onoclea Struthiopteris* Hoffm. 299

Seite

Czurda, Viktor: Zur Kenntnis der Geschlechtsverhältnisse bei *Spirogyra*. (Vorläufige Mitteilung.) 441
Eberle, Georg: Früchte und Keimpflanzen von *Amorphophallus bulbifer*. (Mit 1 Abbildung im Text.) 49
—, —: Früchte und Keimpflanzen von *Amorphophallus bulbifer*. (Mit 2 Abbildungen im Text.) 54
Fischer, Hermann: VITUS AUSLASSER, der erste deutsche Florist, und sein Kräuterbuch vom Jahre 1479 156
Gothan, W.: Neue Ansichten über die Bildung von Braunkohlenflözen 76
Heil, Hans: Die Basalzelle des Tetrasporangiums von *Dictyota dichotoma* und einiges über die Zellwandstruktur. (Mit 1 Abbildung im Text.) 119
Heinricher, E.: Zum Parasitismus der Rhinantheen 241
Huber, Bruno: Eine einfache Methode zur Messung der Verdunstungskraft am Standort. (Mit 1 Abbildung im Text.) 19
—, —: Beiträge zur Kenntnis der Wasserbewegung in der Pflanze. II. Die Strömungsgeschwindigkeit und die Größe der Widerstände in den Leitbahnen. (Vorläufige Mitteilung.) 27
Iwanoff, Leonid: Über die Transpiration der Holzgewächse im Winter. I. 44
—, —: *Über die Transpiration der Holzgewächse im Winter. II.* . . 210
Jost, L.: Über den Geotropismus der Grasknoten 338
Kappert, Hans: Erblichkeitsuntersuchungen an weißblühenden Leinsippen 434
Klebahn, H.: *Fabraea fragariae*, die Schlauchfruchtform der *Marssonina fragariae*. (Mit 1 Abbildung im Text.) 191
—, —: Über drei auf *Iris* gefundene Perithezien und die zugehörigen Konidienpilze. (Mit Tafel II und 1 Abb. im Text.) . . . . . (60)
Kolkwitz, R.: *Plankton-Membranfilter. (Mit 1 Abbildung im Text.)* . . 205
Kostytschew, S.: Zum Problem der Halbschmarotzer 363
Kubart, B.: Einige Bemerkungen über den diagnostischen Wert des Markkörpers bei Koniferenhölzern 271
Lakshmana, Rao, u. Lehmann, Ernst: Über die Gültigkeit des Produktgesetzes bei der Lichtkeimung von *Lythrum Salicaria*. (Mit 2 Abbildungen im Text.) 65
Lehmann, Ernst: Keimungsversuche mit Samen von *Lythrum Salicaria*. (Mit 1 Abbildung im Text.) . . . . (55)
Lehmann, Ernst, u. Lakshmana, Rao: Über die Gültigkeit des Produktgesetzes bei der Lichtkeimung von *Lythrum Salicaria*. (Mit 2 Abbildungen im Text.) 65
Liese, Johannes: Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Wurzelholzes der Waldbäume . . . . (91)
Linsbauer, K.: Zur Physiologie der Rankenbewegungen. (Vorläufige Mitteilung.) 388
Lorbeer, G.: Der Chromatophor, die Chromosomenzahl und die Dehiszenzlinie des Sporogons von *Anthoceros laevis* L. (Mit 4 Abbildungen im Text.) 229
Melchior, H.: Über das Vorkommen von Inulin in den Blättern der Marcgraviaceen 198
Metzner, P.: Über Galvanotaxis bei Bakterien. (Mit 1 Abbildung im Text.) (72)
Meyer, Fritz Jürgen: Die *Lycopodium*-Leitbündel als Leitbündeltypus eigener Art. (Mit 2 Abbildungen im Text.) 100

Seite

Möbius, M.: Über das Grauwerden des Holzes. (Mit 1 Abbildung im Text.) 15
—, —: Über graues und schwarzes Holz 341
Mühldorf, Anton: Zur Anatomie der unterirdischen Organe bei den Laubmoosen. (Mit 2 Abbildungen im Text.) 330
Nakano, H.: Untersuchungen über Kallusbildung und Wundheilung bei Keimpflanzen. I. (Mit 1 Abbildung im Text.) 259
—, —: Untersuchungen über Kallusbildung und Wundheilung bei Keimpflanzen. II. (Mit 1 Abbildung im Text.) 265
Nienburg, W.: Die Wirkung des Lichtes auf die Keimung der *Equisetum*spore. (Mit 1 Abbildung im Text.) 95
Pascher, A.: Über die morphologische Entwicklung der Flagellaten zu Algen 148
Peters, Theodor: Die Wirkung des Lichtes bei der Keimung der Samen von *Phacelia tanacetifolia* 381
Pfeiffer, Hans: Über Spaltenbildung und Vorbeigleiten der Bastkörper im unterbrochenen Holzkörper der Bignoniaceen 32
—, —: Zur experimentellen Anatomie der Trennungsgewebe. (Vorläufige Mitteilung.) 290
Pojarkova, Antonina: Winterruhe, Reservestoffe und Kälteresistenz bei Holzpflanzen 420
Porodko, Th. M.: Über den Diageotropismus der Hauptwurzeln bei Maiskeimlingen. I. (Mit 1 Abbildung im Text.) 405
—, —: Über den Diageotropismus der Hauptwurzeln bei Maiskeimlingen. II 413
Prát, Silvestr: Die Pilze in den Wespennestern 225
Ruhland, W., und Wetzel, K.: Der Nachweis von Chloroplasten in den generativen Zellen von Pollenschläuchen. (Mit 9 Abbildungen im Text.) 3
Schaede, R.: Über die Reaktion des lebenden Plasmas 219
Schmidt, E. W.: Die fungizide Wirkung von Seifenlösungen. (Mit 1 Abbildung im Text.) 131
—, —: Über zellphysiologische Versuche mit Digitonin 136
Schoenebeck, B.: Die Antipodenvermehrung der Typhaceen. (Mit 1 Abbildung im Text.) 295
Schüepp, Otto: Konstruktionen zur Blattstellungstheorie. II. (Mit 3 Abbildungen im Text.) 322
Schürhoff, P. N.: Die geschlechtsbegrenzte Vererbung der Kleistogamie bei *Plantago* Sect. *Novorbis*. (Mit 1 Abbildung im Text.) . . . 311
Schwarz, Frank: Metachromatische Färbungen pflanzlicher Zellwände durch substantive Farbstoffe. I. . . . . (21)
—, —: Metachromatische Färbungen pflanzlicher Zellwände durch substantive Farbstoffe. II. (28)
Schwemmle, Julius: Vergleichend zytologische Untersuchungen an Onagraceen. (Mit 1 Tafel und 1 Abbildung im Text.) 236
Seckt, H.: Ist *Caesalpinia Gilliesii* Wallich insectivor? (Mit 1 Abbildung im Text.) 138
Stark, Peter: Geotropische Reizleitung bei Unterbrechung des organischen Zusammenhangs. (Mit 1 Abbildung im Text.) 125
Stoklasa, Julius: Über die Resorption der Ionen durch das Wurzelsystem der Pflanzen aus dem Boden 183

Seite

Thielmann, M.: Über Kulturversuche mit Spaltöffnungszellen. (Mit 1 Abbildung im Text) 429
de Vries, Hugo, und Boedyn, K.: Die Gruppierung der Mutanten von *Oenothera Lamarckiana* 174
Weber, Friedl: Ruheperiode und Frühtreiben 109
—, —: Protoplasma-Viscosität copulierender Spirogyren 278
Weber, U.: Das geotropische Verhalten von Haferkeimlingen . . . . . (53)
Weisse, A.: Blattstellungsstudien an *Cercidophyllum japonicum*. III. Abweichungen in Blattstellung und Verzweigung 70
—, —: Blattstellungsstudien an *Hedera Helix* I. 391
Wetzel, K., und Ruhland, W.: Der Nachweis von Chloroplasten in den generativen Zellen von Pollenschläuchen. (Mit 9 Abbildungen im Text.) 3
Wislouch, S. M.: Beiträge zur Diatomeenflora von Asien. II. Neuere Untersuchungen über die Diatomeen des Baikal-Sees. (Mit 1 Abbildung im Text.) 163
Yamaguchi, Y.: Über den Anthocyaninfarbstoff von *Ipomoea hederacea*. (Vorläufige Mitteilung.) (Mit 2 Abbildungen im Text.) 144
Zander, Robert: Über bisher unbeachtet gebliebene Digestionsdrüsen von *Drosera*. (Mit 1 Abbildung im Text.) 249
Ziegenspeck, H.: Über Jod unter Blaufärbung aufnehmende Stoffe in den Asci von Flechten (Isolichenin) 116
Zimmermann, Walter: Über die längsangreifende Schwerkraft und das Sinusgesetz I. Experimente an Wurzeln . . . . (39)
—, —: Über die längsangreifende Schwerkraft und das Sinusgesetz II. (Mit 2 Abbildungen im Text.) . . . . (45)

Übersicht der Hefte.

Heft 1/2 (Doppelheft), ausgegeben am 27. März 1924, S. 1—82.
Heft 3, ausgegeben am 24. April 1924, S. 83—112.
Heft 4, ausgegeben am 28. Mai 1924, S. 113—178.
Heft 5, ausgegeben am 26. Juni 1924, S. 179—226.
Heft 6, ausgegeben am 24. Juli 1924, S. 227—276, mit Tafel I.
Heft 7, ausgegeben am 15. Oktober 1924, S. 277—304.
Heft 8, ausgegeben am 27. November 1924, S. 305—344.
Heft 9, ausgegeben am 23. Dezember 1924, S. 345—396.
Heft 10, ausgegeben am 29. Januar 1925, S. 397—444.
Generalversammlungsheft (Schlußheft), ausgegeben am 23. April 1925, mit 1 Bildnistafel und Tafel II S. (1)—(144).